

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Porovnání konceptů tažný - tlačný systém řízení

Comparison of Pull - Push Management System Concepts

Student:

Bc. Martina Truchlíková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martina Truchlíková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: **Porovnání konceptů tažný - tlačný systém řízení**
Comparison of Pull - Push Management System Concepts

Jazyk vypracování: slovenština

Zásady pro vypracování:

1. Vývoj konceptů řízení výrobního procesu.
2. Přehled moderních koncepcí řízení.
3. Srovnání tažného a tlačného systému řízení na konkrétním případě.
4. Ověření pomocí dynamické simulace.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.
SCHULTE, CH. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, a.s., 1994. 301 s. ISBN 80-85605-87-2.
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2.vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1.
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Nové cesty k vyšší produktivitě. Metody průmyslového inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 2000. 313 s. ISBN 80-902235-6-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

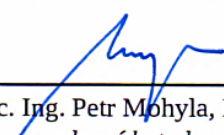
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**

Konzultant diplomové práce: Ing. Petr Jalůvka


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Miestoprísasžné prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vrátane príloh vypracovala samostatne pod vedením vedúcej diplomovej práce a uviedla som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave 13.05.2016

Truchel'ková

podpis študenta

Prehlasujem, že

- som bola oboznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb., autorský zákon, predovšetkým § 35 – použitia diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školných predstavení a použitia diela školného a § 60 – školská práca.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (ďalej len „VŠB-TUO“) má právo neplatne k svojej vnútornej potrebe diplomovú prácu využiť (§ 35 ods. 3).
- súhlasím s tým, že diplomová práca bude v elektronickej podobe uložená v Ústrednej knižnici VŠB-TUO k nahliadnutiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje o kvalifikačnej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo dohodnuté, že VŠB-TUO v prípade záujmu z jej strany, uzatvorí licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo dohodnuté, že použiť svoje dielo - diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu k jej použitiu môžem iba so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok obhajoby.

V Ostrave 13.05.2016

Truchlíková

podpis študenta

Meno a priezvisko autora práce:

Martina Truchlíková

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Skalité 582, 023 14 Slovensko

ANOTÁCIA DIPLOMOVEJ PRÁCE

TRUCHLÍKOVÁ, M. *Porovnání konceptů tažný - tlačný systém řízení: Diplomová práce* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 59 s. Vedúca práce: Schindlerová, V.

Diplomová práca je zameraná na optimalizáciu výrobného procesu. Konkrétne sa práca týka porovnania tlačného a ťažného systému pri výrobe časti chladiaceho systému automobilu. Hlavným cieľom je navrhnutie vhodného výrobného systému pre daný komponent. Práca sa člení na dve hlavné časti: teoretickú a praktickú, skladajúcu sa z analýzy a návrhu riešenia. Na východiská teoretickej časti následne nadväzuje analytická časť. Výsledný optimálny variant je overený pomocou dynamickej simulácie v programe Witness.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

TRUCHLÍKOVÁ, M. *Comparison of Pull - Push Management System Concepts: Master Thesis*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 59 pages. Thesis head: Schindlerová, V.

Master thesis is focused on the optimization of the production process. Specifically, the thesis involves the comparison between push and pull control system of the production of car's cooling system. The main objective is to devise a suitable production method for this component. The thesis is divided into two main parts: theoretical and practical. Practical part consists of analysis and solution proposal. Analytical part is based on the theoretical part. The final optimal variant is verified by a dynamic simulation created using software Witness.

Obsah

Zoznam použitých značiek a symbolov	7
Úvod	8
1 Teoretický úvod do problematiky	9
1.1 Výroba a výrobný proces	9
1.2 Riadenie výroby	11
1.3 Koncepty riadenia a plánovania výroby	12
1.3.1 Princíp tlaku - Push systém	13
1.3.2 Princíp ťahu - Pull systém	15
1.3.3 Materiálové plánovanie – MRP I.	16
1.3.4 Plánovanie materiálových a kapacitných zdrojov – MRP II.....	17
1.3.5 Metóda TOC - Teória obmedzení	19
1.4 Počítačová simulácia výrobného systému	21
1.4.1 Simulačný program Witness	22
2 Analýza súčasného stavu	24
2.1 Analýza výrobného procesu	24
2.1.2 Charakteristika výrobného systému	25
2.2 Postup tvorby simulačného modelu v programe Witness	25
2.2.1 Tvorba simulačného modelu	26
2.2.2 Definovanie prvkov simulačného modelu	27
2.3 Analýza simulačného modelu	28
2.3.1 Simulačný model súčasného stavu	29
2.3.2 Simulácia ťažného systému riadenie výroby	32
2.3.3 Porovnanie tlačného a ťažného konceptu riadenia výroby	34
3 Návrh optimálneho riešenia	37
3.1 Návrh variantu riešenia A	39
3.1.2 Analýza navrhovaného variantu A	40
3.2 Návrh riešenia variantu B.....	45
3.2.1 Analýza navrhovaného variantu B	47
3.3 Výber optimálneho variantu.....	51
3.4 Vyhodnotenie simulačných štúdií	53
Záver	54
Zoznam použitej literatúry a zdrojov	55
Prehľad použitých obrázkov, tabuliek	57

Zoznam použitých značiek a symbolov

BOM	Kusovník (<i>Bill of Material</i>)
DRB	Bubon - Zásobník - Lano (<i>Drum - Buffer - Rope</i>)
JIT	Metóda riadenie logistiky (<i>Just in Time</i>)
ks	Kus - počet kusov
min.	Minúta - odvodená jednotka času
MPS	Hlavný plán výroby (<i>Master production Schedule</i>)
MRP I.	Plánovanie materiálových potrieb vo výrobe (<i>Material Requirement Planning</i>)
MRP II.	Plánovanie materiálových a kapacitných zdrojov (<i>Manufacturing Resource Planning</i>)
OPT	Systém optimalizácie výrobných tokov (<i>Optimized Production Technology</i>)
Pozn.	Poznámka
s	Sekunda - základná jednotka času
TOC	Teória obmedzení (<i>Theory of Constraint</i>)
UM	Úzke miesto

Úvod

Aby mohli podniky v dnešnej dobe globalizácie a neustáleho pokroku uspieť v boji s konkurenciou, je dôležité aby poskytovali svoje služby a výrobky na základe prania zákazníkov. Okrem želaní zákazníka sú na podnik kladené nároky aj zo strany dodávateľov a v neposlednom rade sú to aj nároky zamestnancov. Podniky sú preto nútené k neustálej inovácii, zvyšovaniu kvality produktov, ako aj samotného riadenia výroby. Práve vhodné riadenie výrobných procesov, predstavujúce jednu z hlavných činností podniku, umožňuje zvýšenie a upevnenie postavenia podniku na konkurenčnom trhu. Všetko toto ale predstavuje vynaloženie nemalého úsilia a finančných prostriedkov. Otázkou spojenia všetkých požiadaviek a nárokov sa zaoberá nejedna spoločnosť.

Oblasťou riadenia výroby sa zaoberá mnoho odborníkov s cieľom nájsť optimálne zlepšenie, ktoré povedie k jednoduchšiemu a rýchlejšiemu riadeniu výroby. V súčasnosti existuje veľa metód a konceptov riadenia výroby nachádzajúcich sa v neustálom procese zlepšovania. Najznámejším a najproduktívnejším tvorcom metód pre riadenie výroby je, tak ako v minulosti, aj dnes práve Japonsko. Práve ono nám dáva odpoveď na otázku spojenia všetkých požiadaviek kladených na riadenie výrobných procesov prostredníctvom implementácie nového konceptu riadenia - Lean managementu (štíhlej výroby).

Štíhla výroba patrí medzi moderné koncepty riadenia výroby, predstavujúci súbor postupov, princípov a prostriedkov, ktoré majú za cieľ zníženie plytvania, výrobných a prevádzkových nákladov. Výsledkom je optimálny a stabilný výrobný proces, pružne reagujúci na požiadavky zákazníkov a dopyt, decentralizovane riadený prostredníctvom flexibilných pracovných tímov pri malej hĺbke výroby.

Cieľom diplomovej práce je analýza a následné vytvorenie optimálneho výrobného procesu daného komponentu vyrábaného automobilovou spoločnosťou, ktorá si neželá byť menovaná, za pomoci simulačného programu. Prečo práve pomocou simulácie? Za pomoci využitia simulačných metód je možné dopredu zistiť napríklad možné rozloženie výrobných strojov, potrebný počet zamestnancov, kapacitné využitie či časový priebeh celého procesu výroby bez toho, aby bol samotný proces skutočne realizovaný. Vďaka simulácii je možné analyzovať výrobný proces a poskytnúť okamžité informácie o fungovaní konkrétneho systému riadenia vo výrobe.

1 Teoretický úvod do problematiky

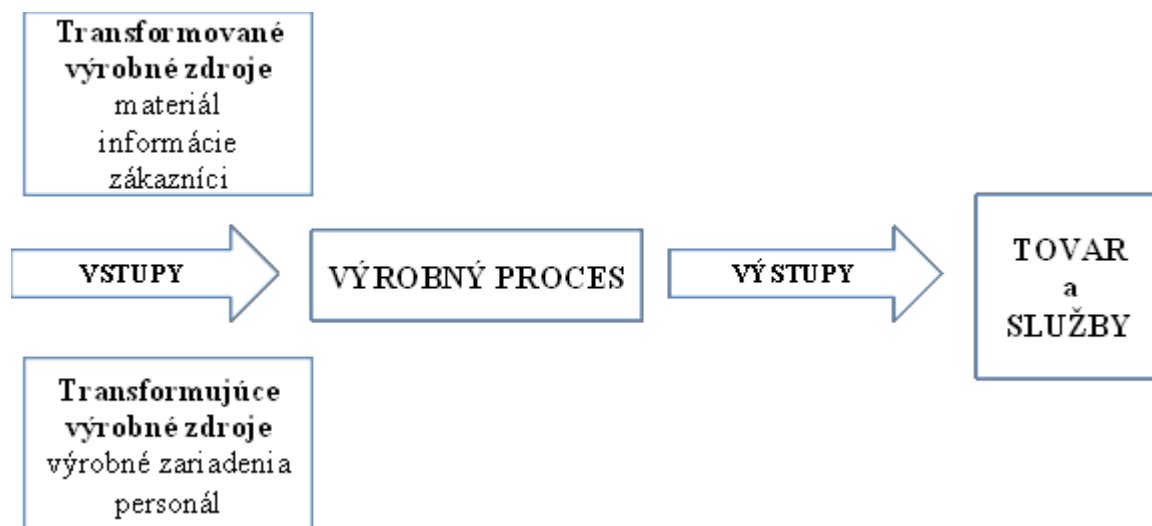
Prejavom snahy o zefektívnenie fungovania podnikov a podnikových procesov je snaha o implementáciu filozofie štíhleho podniku a nových konceptov plánovania a riadenia výroby. Podnet pre zavádzanie nových metód riadenia výrobných procesov je daný predovšetkým neustálym vývojom a inováciami. Celý tento proces má za výsledok dosiahnutie optimálneho fungovania výrobných systémov s prihliadnutím na stanovené strategické ciele.

1.1 Výroba a výrobný proces

Výrobu môžeme definovať ako **transformačný proces**, ktorý zo vstupných faktorov (suroviny, materiál, energia, informácie, výrobné prostriedky) tvorí ekonomické statky a služby. Výroba je tvorená výrobnými faktormi (zdrojmi) vytvárajúcimi hodnototvorný výrobný proces.

Výrobné zdroje, tvoriace vstupy do výroby, rozdeľujeme do štyroch hlavných skupín:

- * prírodné zdroje - pôda, lesy, nerastné suroviny, voda, vzduch;
- * práca - ľudské zdroje;
- * kapitál - faktory vznikajúce v priebehu výroby, ďalej uplatňované vo výrobe;
- * informácie;
- * kvalita managementu.



Obrázok 1 Transformačný proces výroby [1]

Výrobné zdroje môžeme ďalej deliť podľa ich úlohy vo výrobnom procese na **transformované** a **transformujúce výrobné zdroje**. Na Obrázku 1 je schematicky zobrazený výrobný proces a výrobné zdroje. Výstupy predstavujúce materiálové a nemateriálové statky sú tvorené predovšetkým za účelom uspokojenia tržného dopytu.[1]

Konkrétnejšie delenie výrobného procesu vzniká v prípade, ak do úvahy berieme väzby vznikajúce v samotnom transformačnom procese. Potom výrobu delíme na tieto tri fázy:

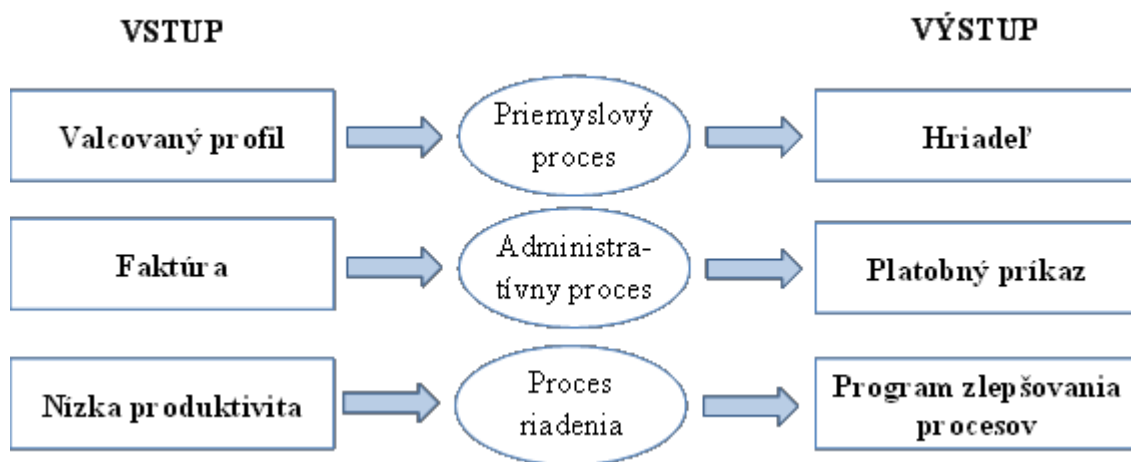
- * **predzhotovujúcu** - vyrábajú sa základné diely (obrábanie, tvárnenie,...);
- * **zhotovujúcu (predmontáž)** - zhotovujú sa základné podzostavy a zostavy;
- * **dohotovujúcu** - záverečné úpravy produktu a výsledná montáž. [2]

Zároveň je proces chápaný ako systematicky sa opakujúce aktivity vedúce k realizácii konečného produktu alebo služby. Všeobecne je potom možné rozdeliť procesy do týchto troch základných skupín (viď Obrázok 2):

- * **priemyselné procesy** - vstupy tvoria materiály (uhlie, ruda) alebo komponenty (počítačové dosky, pohony motorov, atď.), výstupom sú suroviny alebo polotovary použiteľné v ďalšom procese;

- * **administratívne/obchodné procesy** - produkujú dáta a informácie využívané v ostatných procesoch, resp. vytvárajú produkty priamo využívané zákazníkom, napr. šeky, správy, daňové doklady atď.;

- * **riadiace procesy** - predstavujú management, sú to štruktúrované prostriedky, ktorými sú vytvárané kľúčové rozhodnutia buď jednotlivcami alebo tímami. [3]



Obrázok 2 Základné typy procesov [3]

Riadiaci proces je potrebné pre správne fungovanie podložiť štruktúrovaným a kvalifikovaným prístupom, ktorý využíva rad metód a konceptov logistiky a štihlej výroby.

1.2 Riadenie výroby

Riadenie výroby je zamerané na dosiahnutie optimálneho fungovania výrobných systémov na základe stanovených cieľov. Pojem **výrobný systém** predstavuje súhrn všetkých činiteľov zúčastnených v procese výroby: prevádzkové priestory, technické zariadenia, suroviny, polotovary, energie, informácie, pracovníkov podieľajúcich sa na výrobe, výrobky, odpad. Hovoríme o plánovaní a riadení ako materiálových a informačných tokoch, tak aj o tokoch finančných, ktoré prebiehajú vo výrobných procesoch. Dôležité je, aby tieto toky boli optimalizované a pre firmu predstavovali najnižšie náklady.

Pod pojmom **ciele** chápeme v managemente a ekonomike stav, ktorý chceme v budúcnosti dosiahnuť. Ciele by mali byť definované vo všetkých oblastiach činnosti firmy: pre vývoj výrobku, výrobu a jej kvalitu, marketing, predaj, financie, personálny rozvoj, riadenie, informačné technológie atď. Charakteristika cieľov riadenia výroby je odvodená od vytýčených podnikových stratégií.

Pre oblasť riadenia z toho bývajú konkretizované **dva základné** širšie **ciele**:

- * maximálne uspokojenie potrieb zákazníkov;
- * efektívne využívanie disponibilných výrobných zdrojov. [1]

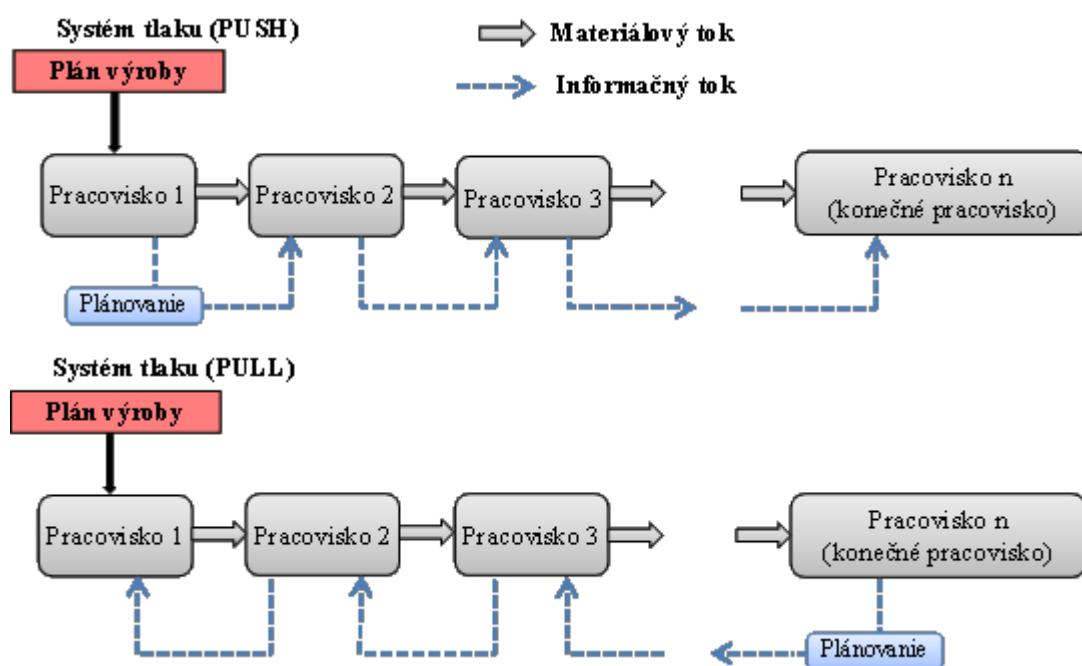
Primárnym cieľom riadenia výroby je zaistenie produktov, ktoré vyžaduje trh a zákazníci za účelom zisku. Pre pružné reagovanie na požiadavky zákazníkov a dopyt na trhu, ktorý je riadený decentralizovane prostredníctvom flexibilných tímov, sú využívané rôzne princípy. Platí tu **princíp Pull** (ťahu) s riadením zameraným na dopyt, ktorý nahradzuje **princíp Push** (tlaku), kde riadime výrobu na základe plánu. Ďalej princíp zamedzenia plytvania a optimalizácie hodnototvorného reťazca, princíp nepretržitosti a princíp zameraný na dôležité aktivity a kľúčové schopnosti. [2]

Princíp tlaku a ťahu je bližšie špecifikovaný v nasledujúcej podkapitole 1.3.

Optimalizácia všeobecne je proces, pomocou ktorého skracujeme a zjednodušujeme nami navrhnutú cestu k cieľu a v čo najväčšej miere uspokojujeme potreby zákazníkov. Napomáha k zdokonaľovaniu prevádzkových podmienok tak, aby podnik fungoval pri optimálnom využití a spotrebe výrobných vstupov, optimálnom výbere výrobných postupov, prostriedkov a pri optimálnom využití ako výrobnej, tak aj pracovnej kapacity s cieľom zvýšiť produktivitu práce, zlepšiť kvalitu a organizáciu. **Výsledkom optimalizačného procesu je rýchlejší a efektívnejší výrobný proces.** [12]

1.3 Koncepty riadenia a plánovania výroby

Podniky pohybujúce sa v dnešnom globalizujúcom sa svete musia flexibilne reagovať na zmeny dynamicky meniaceho sa tempa či už rastu, alebo klesania trhu, na ktorom chcú uspieť. Z toho dôvodu musia podniky vedieť rýchlo a efektívne na tieto zmeny reagovať a účinne zvládať upravovať tempo výroby na základe požiadaviek diktovaných trhom. Množstvo dostupnej literatúry v tejto súvislosti rozdeľuje princípy plánovania a riadenia výroby do dvoch skupín. Tieto dva prístupy sú označované ako **systém plánovania výroby ťahom** (*Pull system*) a **tlakom** (*Push system*). Na Obrázku 3 je znázornené porovnanie tlačného a ťažného systému riadenia výroby. [4]






Obrázok 3 Porovnanie Pull a Push systému plánovania a riadenia výroby [13]

Aj keď každý z týchto princípov plánovania a riadenia výroby využíva rozdielne metódy riadenia a výroby, je možné ich kompatibilné využívanie. Jednotlivé používané metódy sa podstatne odlišujú vo svojej základnej filozofii, predovšetkým pohľadom na logistický tok postupného plnenia zákazníckych požiadaviek v priebehu ich realizácie.

Koncepcia princípu ťahu a tlaku porovnáva tri základné metódy, tj. **Just in Time - JIT**, **MRP II** a **TOC** (viď Tabuľka 1). Na základe uvedených princípov je JIT typickým predstaviteľom systému ťahu a metóda MRP II je charakteristická pre systém tlaku. Potom metóda TOC predstavuje ich kombináciu, kde tzv. úzke miesto alebo kapacitné obmedzenie systému predstavuje deliacu rovinu medzi *pull* a *push* systémom. [5]

Tabuľka 1 Porovnanie základných metód riadenia [5]

METÓDA	PRINCÍP RIADENIA VÝROBY	POZNÁMKA
JIT	Pull (ťahový) systém	Ťažný princíp „ťahá“ materiálové komponenty v podobe objednávok od zákazníka k dodávateľovi. 
MRP II	Push (tlačný) systém	Tlačný princíp najprv stanoví na základe štruktúry výrobku termín pre objednanie materiálu a spustenie jednotlivých operácií tak, aby bol zaistený výsledný termín dodania tovaru. 
TOC	Pull - Push systém	Pri kombinácii tlačného a ťažného princípu je pre plánovanie dôležité tzv. úzke miesto (UM). Pre synchronizáciu kapacitne neobmedzených zdrojov a zníženia nežiaduceho rozpracovania pre UM je použitý spätný ťažný systém plánovania. 

1.3.1 Princíp tlaku - Push systém

Princíp *Push*, tj. **princíp tlaku** je v tradičnom výrobnom systéme riadenia a plánovania na základe predikcie objednávok od zákazníka. Okrem samotnej produkcie riadi aj materiálový tok a využíva predpokladaný denný plán výdaja. Zo skladu sa v plánovaných intervaloch realizuje výdaj materiálu do výroby a vydané zásoby sú umiestnené na určených výdajných stanovištiach. Odtiaľ si ich potom pracovníci

výrobných oddelení odoberajú. Sklady realizované výdajom vytvárajú tlak na výrobné dielne, aby zahájili výrobu, dochádza k „pretlačovaniu“ produkcie výrobným procesom bez spracovania predchádzajúcej dávky na jednotlivých stupňoch výroby.

Popri tom musí princíp tlaku riešiť aj tieto problémy vznikajúce v rámci hodnototvorného reťazca:

- * na jednej strane musí zásobovacia firma zaručiť doručenie tovaru zákazníkovi v stanovenom termíne;
- * na druhej strane narastá tlak na obmedzenie zásoby, a tým zníženie viazanosti kapitálu. [2]

Typické príklady využívané pri systéme plánovania a riadenia výroby využívajúce Push princíp sú: **MRP I. (Material Requirement Planning) - metóda plánovania materiálových potrieb vo výrobe**, a **MRP II. (Manufacturing Resource Planning) - plánovanie výrobných a kapacitných zdrojov**. [6]

Pri tlakovom princípe riadenia výroby je nevýhodou, že pri plánovaní výroby vznikajú väčšie zásoby ako pri ťahovom princípe. Plán výroby je zostavovaný na určité obdobie a musia sa v ňom zohľadňovať určité faktory ako napr. sezónne výkyvy dopytu. Na sklade vzniká pri tlakovom systéme vysoká nadprodukcia, vysoké stavy polotovarov a hotových výrobkov. [7]

Ďalšie výhody a nevýhody tohto princípu sú popísané v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 2 *Výhody a nevýhody princípu tlaku (vlastné spracovanie)*

Push princíp (tlačný princíp)	
Výhody	Nevýhody
– väčšie výrobné dávky	– centrálné riadenie výroby
– presnejšie a kratšie dodávky, keď nevyrábame na sklad	– potreba informácií o požiadavkách zákazníkov a o dodávateľoch
– možnosti optimalizácie výrobného procesu	– vysoké náklady na plánovanie výroby
– výroba závislá na dopyte	– nízka reakčná schopnosť na neočakávané výkyvy
	– vysoké vstupné zásoby

1.3.2 Princíp ťahu - Pull systém

Koncept riadenia a plánovania výroby a materiálového toku **princíp ťahu - Pull systém** uplatňovaný v lean managemente znamená, že výrobné zákazky nie sú „pretlačované“ (*Push systém*) výrobou ako v tradičnom systéme, ale prechádzajú systémom na základe „pracuj podľa požiadaviek“. Každý pracovník v tomto systéme je na určitom výrobnom stupni zodpovedný za zaistenie požiadavkou nadväzujúcich výrobných stupňov, teda všetky rozhodnutia o produkovaných množstvách a materiálových tokoch sú realizované decentralizovane. [1]

Medzi koncepty, ktoré využívajú ťahový systém, patrí výrobná filozofia lean managementu - **Just in Time (JIT)**. JIT je výrobná filozofia, pri uplatňovaní ktorej materiály, diely a výrobky sú vyrábané, skladované a dopravované vtedy, keď ich výroba alebo zákazník vyžaduje. Inými slovami, vyrábame „správny výrobok, v správnom množstve, v správnom čase, na správnom mieste a za správnu cenu.“ [3]

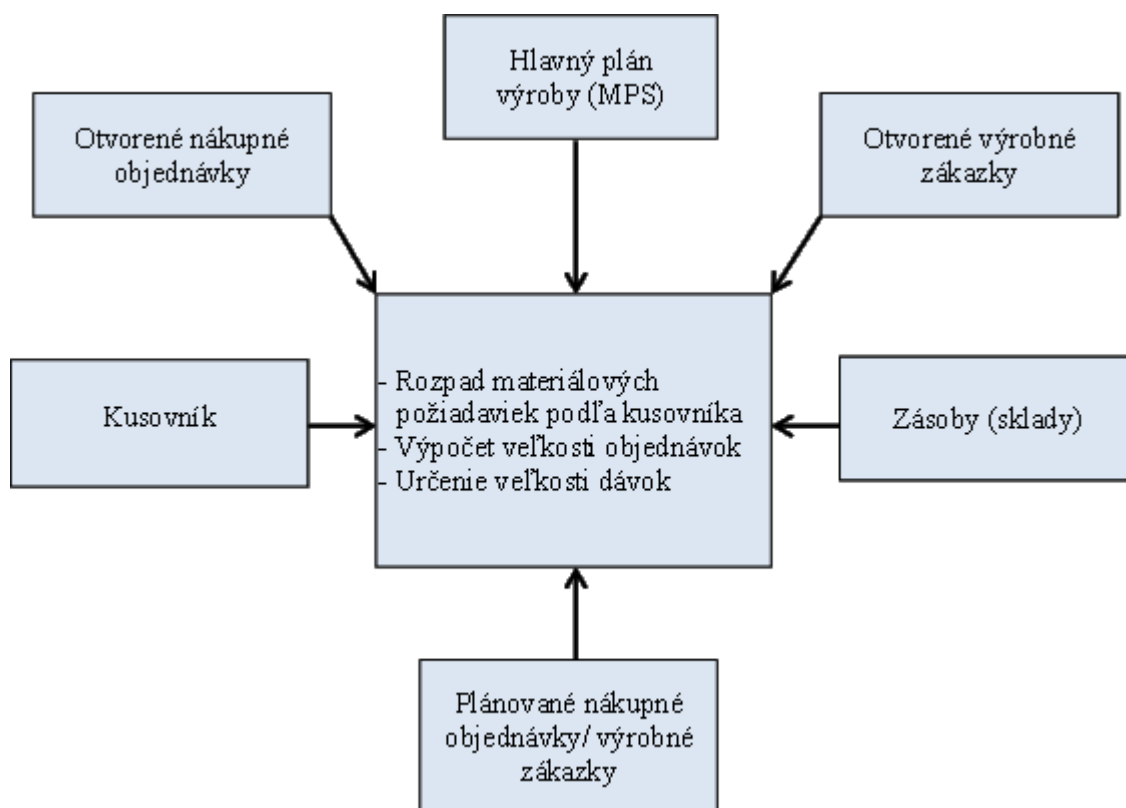
Výhodu toho riadenia výroby predstavuje práve decentralizovaná organizačná forma výroby v podniku a nižší dopyt po informáciách. Ďalšou nespornou výhodou je, že sa vyrába na základe iniciatívy zákazníka, teda nevyrábame na sklad. Táto implementácia metódy JIT umožňuje redukovať skladové zásoby hotových výrobkov alebo rozpracovanej výroby až o 90 %. Ostatné výhody a nevýhody ťahového systému sú zapísané v Tabuľke 3. [3]

Tabuľka 3 Výhody a nevýhody princípu ťahu (vlastné spracovanie)

Pull princíp (ťažný princíp)	
Výhody	Nevýhody
– minimalizácia a optimalizácia skladových zásob	– náklady na analýzu a realizáciu zmien riadiaceho systému
– minimalizácia rozpracovanej výroby	– nevhodný pre výroby jedného výrobku
– nižšie riziko pri poklese zákazníckeho dopytu	– nutnosť zmeny myslenia
– decentralizované riadenie výroby	– udržanie a neustále zlepšovanie zavedených metód riadenia
– nižší dopyt po informáciách	
– efektívne využitie pracovnej sily	

1.3.3 Materiálové plánovanie – MRP I.

Hlavným prínosom **MRP** (*Material Requirements Planning*) je plánovanie materiálových požiadaviek z hľadiska skutočných potrieb vyvolaných určitým konkrétnym produktom vyvolaným zákazníkom alebo bol prognózovaný obchodníkmi ako možná budúca potreba trhu. MRP rieši základnú logickú úlohu zaistenia správneho materiálu na správnom mieste a v správnom čase. [5]



Obrázok 4 Základná štruktúra systému MRP [7]

Oblasť MRP (vid' Obrázok 4) je základom metódy MRP I, ktorá predstavuje zaistenie presnej kontroly a plánovania výroby a odbytu. Ide o výpočtovú techniku umožňujúcu spracovať veľké množstvo dát. Tento počítačový systém vyhodnocuje potrebu materiálu, ktorá vychádza zo zadaných objednávok od zákazníka. Súčasťou algoritmu MRP je časové bilancovanie potrieb daných štruktúrou a disponibilným stavom skladových zásob s ohľadom na počet otvorených objednávok a výrobných zákaziek. To znamená, že nie sú fyzicky na sklade, ale sú už vo fáze realizácie rozpracovanej výroby alebo predstavujú tovar na ceste. [5, 8]

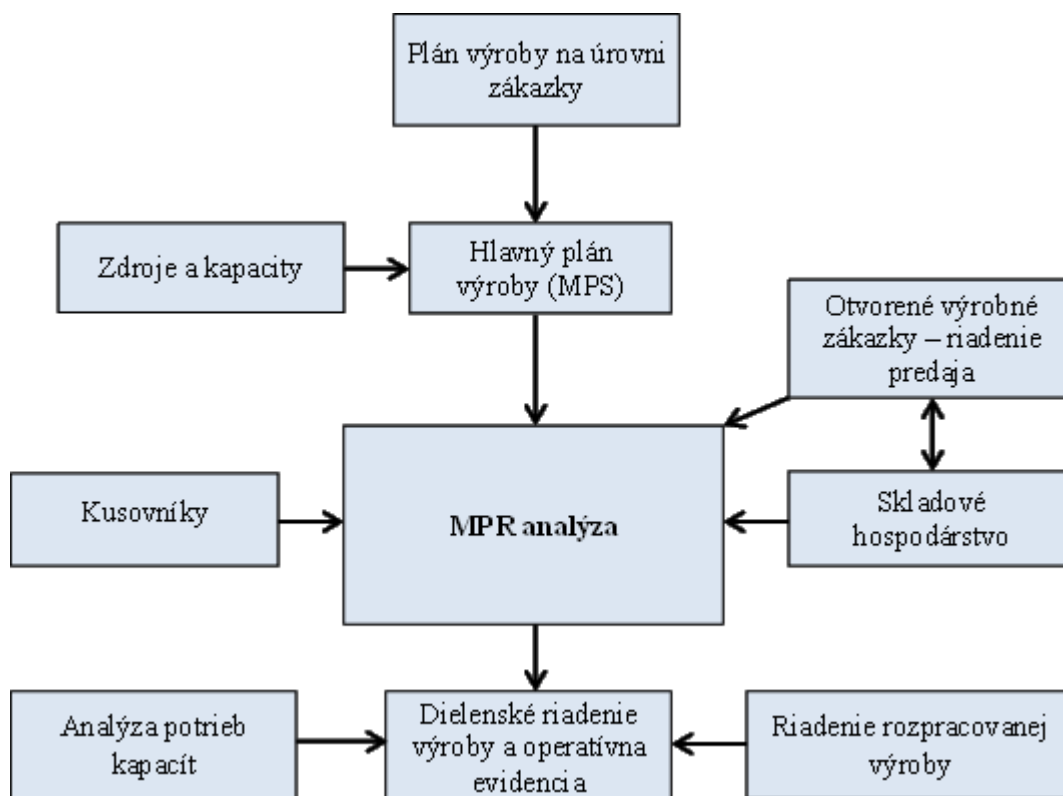
Aby systém MRP správne fungoval je dôležitá existencia:

- * súboru všetkých položiek (nákupných i výrobných - *Inventory records*) s potrebnými základnými údajmi;
- * kusovníka (*Bill of Material - BOM*) pre každú vyrábanú položku;
- * informácií o stave zásob, plánovaných a otvorených objednávok a zákaziek s ich časovým rozložením pre každú plánovanú položku;
- * hodnoty priebežnej doby nákupu, výroby a spôsobu stanovenia veľkosti dávky pre každú položku. [5]

Správnou aplikáciou systému MRP I dochádza v podniku k úbytku objemu zásob, teda aj finančných prostriedkov viazaných na zásoby. Výhodou je, že podnik môže svoje skladovacie priestory zmenšiť, resp. redukovat' počet zamestnancov, čím podnik ušetrí náklady na skladovanie, mzdové náklady a zmenší sa objem finančných prostriedkov viazaných v zásobách. Nevýhodou MRP I je neflexibilné reagovanie na dynamické zmeny, pretože plánovanie výroby je uskutočňované na základe informácií vychádzajúcich z hrubého rozvrhu výroby bez úvahy skutočného priebehu výroby. Taktiež pri nepresnom dodržovaní stanoveného plánu pre produkciu na časový interval môže nastať navýšenie zásob. Vyplýva to z toho, že systém nereaguje na reálny priebeh a aktuálne dianie vo výrobe, preto je možné, že sa napr. nemusí vyrobiť toľko produktov, koľko ich bolo naplánovaných. Z toho dôvodu bol systém MRP prepracovaný do podoby **Closed Loop MRP** (*MRP s uzatvorenou slučkou*), kde sú objednávky materiálu do určitej miery korigované podľa reálneho priebehu výroby a sú tak upravené vyššie uvedené problémy zásob. [1]

1.3.4 Plánovanie materiálových a kapacitných zdrojov – MRP II

Metóda **MRP II** predstavuje klasický prístup k riadeniu a plánovaniu výroby. Skratka MRP II. znamená *Manufacturing Resource Planning* a jej obsahom je plánovanie materiálových a kapacitných zdrojov. Jej predchodca, metóda MRP (*Material Requirements Planning*), sa zameriava iba na oblasť materiálového plánovania, na rozdiel od MRP II, ktorej obsahom je aj plán obchodu, výroby i plán nákupu. Táto metóda súčasne ponúka finančný prehľad o zákazkách, výrobe a skladovom hospodárstve. Štruktúra MRP II je znázornená na Obrázku 5. [5]



Obrázok 5 Štruktúra systému MRP II [1]

Systém MRP II je zabudovaný do väčšiny integrovaných programových systémov pre riadenie výroby dostupných na softwarovom trhu. V podstate je to systém MRP doplnený o podrobnejšie plánovanie výroby a kapacitné prepočty, s väzbou na riadenie predaja. Systém MRP II sa dá doplniť ešte o ďalšie aplikácie vhodné pre riadenie výroby, ako napr. funkcie plánovania denných dávok výroby, plánovanie nákladov na výrobu alebo systém na sledovanie kritických častí či systém kontroly materiálu. [1, 9]

Systém MRP II je vhodné aplikovať vo výrobe zložitých komponentov v malých sériách alebo v zákazkovej či kusovej výrobe. Najväčšiu výhodu, ktorú plánovanie materiálových zdrojov prináša, je prepojenie výrobnjej oblasti v podniku s ostatnými sektormi riadenia, ako napr. finančné riadenie podniku alebo marketing, pričom hlavnou podstatou naďalej ostáva plánovanie kapacitných a materiálových zložiek. Metóda plánovania potrieb MRP II má nepochybne aj svoje nedostatky. Medzi najčastejšie patrí pevná veľkosť odhadovaných časov nakupovaných položiek a prechodu medzi pracoviskami, plánovanie do neobmedzených kapacít či preškolenie väčšieho počtu pracovníkov. MRP II si neustále vyžaduje súhrn všetkých objednávok, zákaziek a celkového dopytu potrebného na tvorbu hlavného plánu výroby. [5, 10]

1.3.5 Metóda TOC - Teória obmedzení

Možnostiam univerzálneho systému MRP II prichádza predovšetkým v oblasti optimalizácie kapacít na pomoc metóda **TOC (*Theory of Constraint*)**, inak **teória obmedzení**. Táto teória sa zaoberá odstraňovaním úzkych miest v rôznych procesoch v podniku, ktorú je možné aplikovať okrem výrobných podnikov aj v obchodných spoločnostiach, neziskových organizáciách či finančných inštitúciách a pod. Metóda TOC pomocou analyzovania úzkych miest a systematického odstraňovania nájdených úzkych miest v podnikových procesoch zvyšuje ich výkonnosť. Hlavným cieľom teórie obmedzení je dosiahnutie ziskovosti podnikov a zabezpečenie maximálneho zisku. [11]

V porovnaní s ostatnými prístupmi riadenia a plánovania výroby obsiahnutými v MRP II alebo JIT je pre teóriu TOC charakteristické:

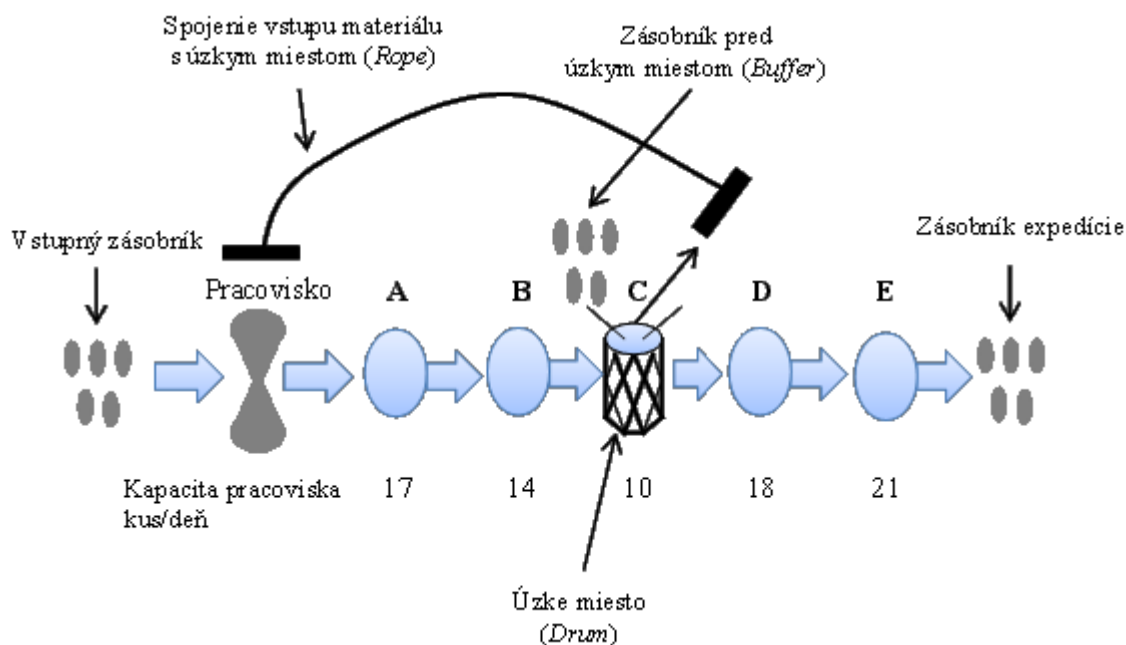
- * Podobne ako pri MRP II sa aj teória obmedzení sústreďuje pri plánovaní na otázku **kedy**. To znamená, že požiadavka od zákazníka je rozložená na termíny dodania surovín a komponentov od dodávateľa a termíny zahájenia výroby a montáže vlastnej produkcie. Cieľom je včasné dodanie požadovaného produktu.
- * Teória TOC podobne ako metóda JIT uvažuje **ako** produkt vyrábať. Zaoberá sa zmenou výrobného procesu a premeny dávok. Predovšetkým je pre TOC hlavným cieľom zdôrazňovanie úzkych miest vo výrobe. [5]

Teória TOC pracuje na podobnom princípe ako filozofia plánovania a riadenia výroby **OPT (*Optimized Production Technology*)**. Systém OPT pracuje na princípe optimalizácie výrobných tokov cestou maximálneho využívania kapacít úzkoprofilových pracovísk, hľadá úzke miesta vo výrobnom procese. **Úzke miesto** predstavuje v podniku miesto, ktoré spomaľuje alebo obmedzuje výrobu. Úzke miesto určuje takt celého výrobného procesu, určuje množstvo prietoku napr. materiálu celým výrobným procesom v podniku alebo obratu zásob, či návratu investícií. Problém úzkeho miesta nastáva v prípade, keď do procesu vstupuje viac materiálu ako úzke miesto dokáže spracovať a materiál sa hromadí pred úzkym miestom. Z toho vyplýva, že zvýšením priechodnosti úzkym miestom zvýšime celkový prietok výrobným procesom, čím sa zvýši výkonnosť podniku. [1, 11]

Dôležitou oblasťou aplikácie myšlienky TOC pre dielenské riadenia je princíp DBR (*Drum Buffer Rope*), ktorý je charakterizovaný týmito kľúčovými slovami:

- * **Bubon (Drum)** - vzťahuje sa na kapacitné zdroje, ktoré predstavujú úzke miesto (obmedzenie) a nastavuje takt pre celú výrobu.
- * **Zásobník (Buffer)** - časový zásobník, ktorý chráni prietok pred každodennými neplánovanými udalosťami a zaisťuje, že „bubon“ nebude nevyužitý. Lepšie, ako umiestniť sklad materiálu ku každej operácii, čím sa ovplyvní dĺžka priemernej doby výroby, je umiestnenie časového zásobníku na strategické miesta vo vzťahu k systému obmedzenia. Pri aplikácii TOC sa jedná o zásobník úzkeho miesta, expedičný zásobník a zásobník na príjem materiálu (viď Obrázok 6).
- * **Lano (Rope)** - predstavuje prepojenie vstupu materiálu do dielne s „bubnom“ a veľkosťou zásobníku. Na základe tohto prepojenia vzniká synchronizácia všetkých operácií vzhľadom k taktu „bubna“ pre dosiahnutie hladkého a rýchleho toku materiálu sieťou výrobných operácií. [5]

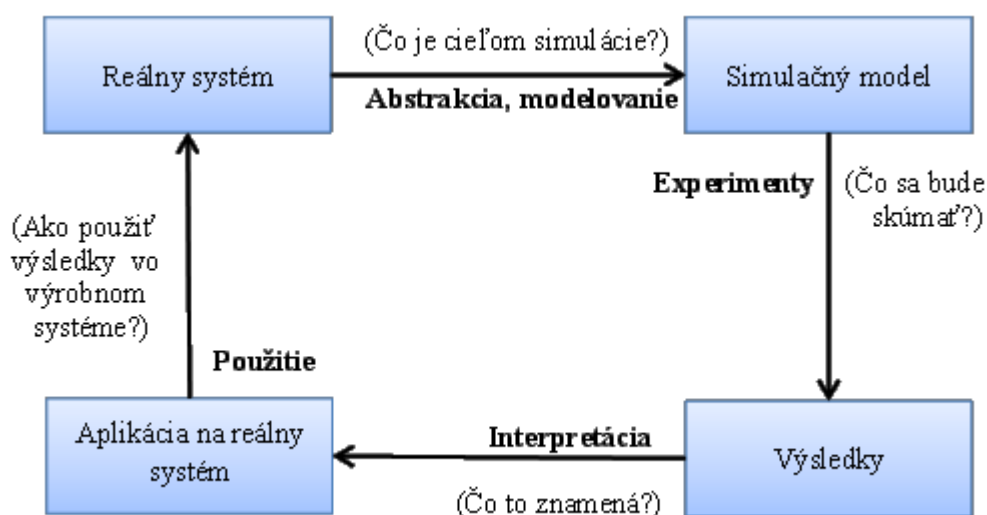
Plánovacia metóda DBR má podstatný prínos vo výrobnom systéme tým, že zaisťuje maximálny prietok pri súčasnej minimálnej úrovni zásob. [5]



Obrázok 6 Umiestnenie zásobníkov v rámci aplikácie DBR [7]

1.4 Počítačová simulácia výrobného systému

Počítačová simulácia predstavuje nástroj pre analýzu výrobných, logistických, obslužných, zásobovacích a ďalších procesov podniku s cieľom optimalizácie výroby. Simulácia nám umožňuje zistiť dynamické správanie systému v prípade, keď už nestačia statické výpočty. Jej princípom je experimentálne využitie počítačového modelu, ktorý je presným obrazom náhodne sa správajúceho výrobného systému. Predstavuje deskriptívnu metódu umožňujúcu zhodnotiť správanie rôznych variant modelu v závislosti na čase. [16]



Obrázok 7 Princíp počítačovej simulácie [16]

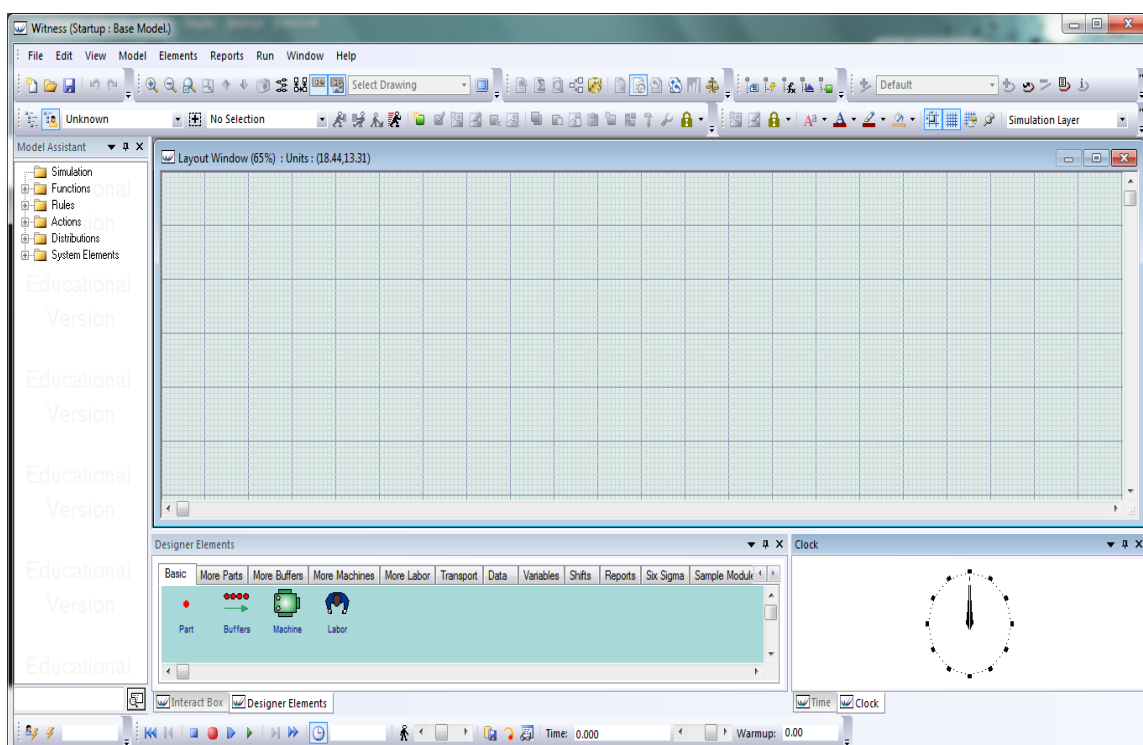
Cieľom experimentovania je vyhľadanie takých výstupných hodnôt, ktoré vyhovujú zadaným parametrom (cieľom simulačnej štúdie) a je možné ich následne použiť pre reálny systém. Na Obrázku 7 je zobrazený princíp simulácie. Prvým krokom pri tvorbe simulácie je vymodelovanie výrobného systému, s ktorým sú potom v ďalšom kroku uskutočnené experimenty. Na základe experimentov sú dosiahnuté výsledky, ktoré sú následne správne interpretované a použité pre reálny výrobný systém.

Uplatnenie počítačových simulácií je možné v rôznych oblastiach výroby, technológií či služieb. Pomocou simulácií vo výrobe môžeme plánovať kapacity, nachádzať úzke miesta, plánovať výrobné postupy v technológii alebo simulovať manipuláciu s materiálom či logistickú analýzu. [16]

Simulačný model napomáha k lepšiemu pochopeniu reálneho systému. Zmenou parametrov je možné skúmať vplyv vyvolanej zmeny na skúmaný systém, čím dôkladne prešetríme rôzne varianty návrhov riešení. Toto všetko umožňuje minimalizovať riziká resp. pripraviť sa na nečakané udalosti. Vytvorené simulačné modely je možné použiť aj v iných oblastiach podniku, či už pri riadení, alebo napr. pri školení pracovníkov.

1.4.1 Simulačný program Witness

Software Witness je jedným zo svetovo najúspešnejších programov, určený pre simuláciu a optimalizáciu výrobných, obslužných a logistických systémov od britskej spoločnosti Laner Group Ltd. Witness umožňuje modelovať pracovné prostredie v rôznych oblastiach a simulovať dôsledky rôznych rozhodnutí skôr ako budú realizované v praxi, čím sa znižuje riziko pri zmene organizačných a technologických procesov. Pomocou tohto simulačného modelu môžeme vytvárať modely ešte neexistujúcich modelov a navrhnuť systém, ktorý svojím správaním presne odpovedá našim predstavám. Čas simulácií ma rýchlejší priebeh oproti reálnemu času, v dôsledku čoho je možné okamžité vyhodnotenie odlišných variantov navrhovaného riešenia daného problému.



Obrázok 8 Pracovné prostredie programu Witness [17]

Simulačný program Witness existuje v dvoch odborových verziách. Prvá verzia je zameraná na oblasť výroby a logistiky, „*Manufacturing Performance Edition*“. Pre oblasť služieb je vytvorená verzia „*Service and Process Performance Edition*“. [14]

Program Witness prináša užívateľovi objektívne orientované pracovné prostredie zobrazené na predchádzajúcom Obrázok 8, so širokým výberom funkčných prvkov a vlastností nie len pre tvorbu simulačného modelu. Okrem analýzy akéhokoľvek procesu môžeme pomocou programu sledovať riešený proces v zvolenej miere detailu a sledovať dopad zmien v bezrizikovom prostredí. Veľkým prínosom okrem jednoduchého vytvárania modelu kopírujúceho realitu je vytváranie analýzy typu „*What - If*“, ktorá využíva vzájomné porovnávanie scenárov jednotlivých návrhov riešení. Ďalšími prínosmi simulácie softwaru Witness je napr. vizualizácia zmien, podpora konkurencieschopnosti, úspora nákladov a ich kvalifikácia. [15]

Software Witness od spoločnosti Laner Group Ltd. ponúka široké zameranie simulačných projektov v rôznych oblastiach, ako napríklad:

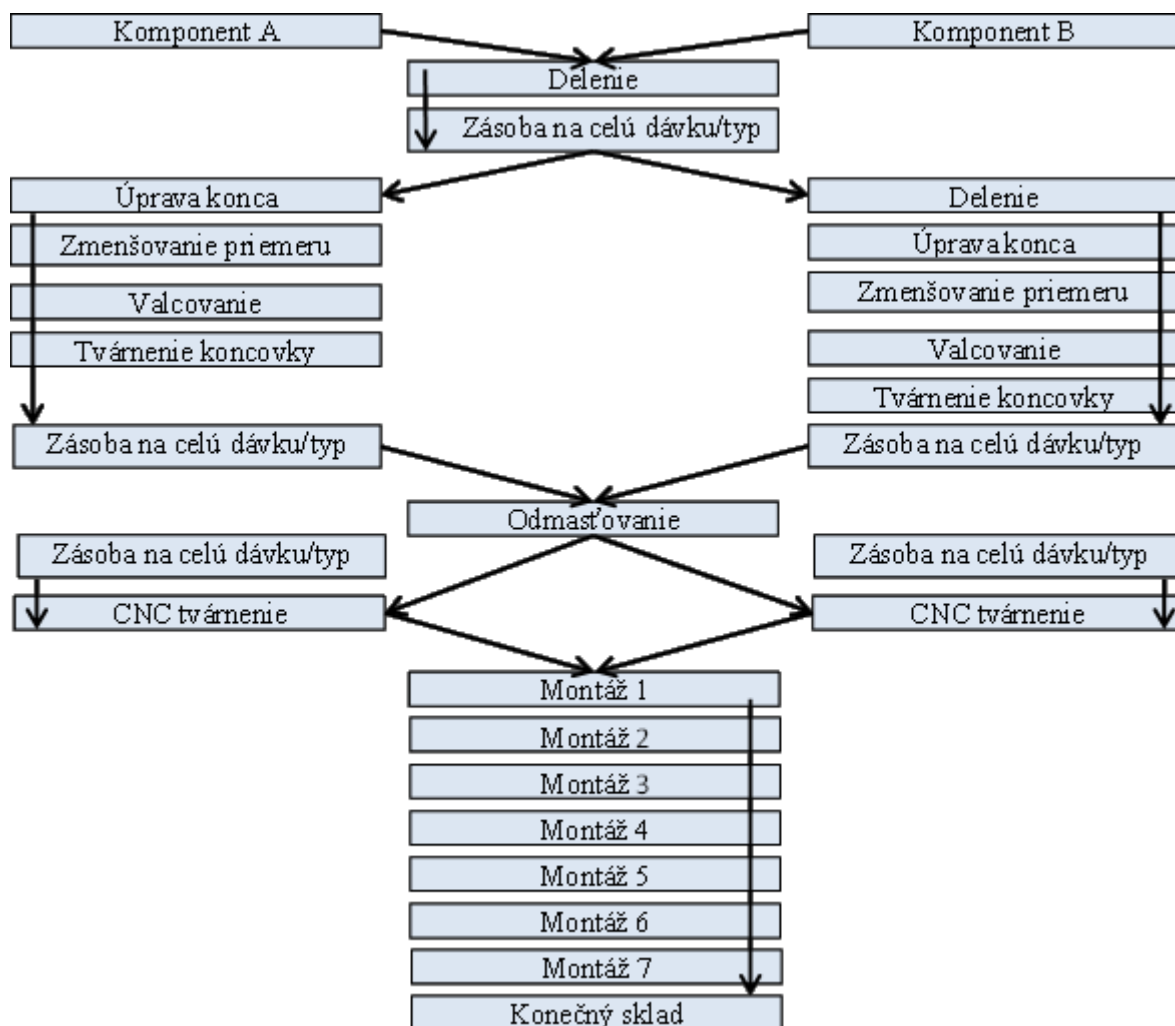
- * **Výroba** - identifikácia úzkych miest vo výrobe, optimalizácia výrobných dávok, plánovanie kapacít alebo optimalizácia zásobovacích nákladov.
- * **Technológia** - optimalizácia kapacít prvkov technológie, riadiaca logika materiálových tokov, plánovanie výrobných postupov.
- * **Služby** - analýza časov obsluhy, optimalizácia využitia pracovných síl, analýza toku informácií a dokumentácie, optimalizácia rozvrhnutia pracovísk obsluhy.

2 Analýza súčasného stavu

V tejto časti diplomovej práce je popísaná analýza výroby časti chladiaceho okruhu pre automobil nemenovanej spoločnosti. Pozornosť je venovaná predovšetkým na použitý tlačný výrobný systém, a jeho následné porovnanie s ťažným výrobným systémom pomocou simulačného modelu vytvoreného v programe Witness.

2.1 Analýza výrobného procesu

Firma vyrába časť chladiaceho okruhu pre automobily, ktorý je zložený z dvoch komponentov, ktoré sú na konci výrobného procesu zmontované do finálneho produktu následne uloženého na sklad. Výrobný proces má naplánovanú dennú kapacitu produkcie súčastí a pracuje sa v trojzmennej prevádzke. Celý priebeh výrobného systému použitý ako model pre simulácie, je znázornený na Obrázku 9.



Obrázok 9 Výrobný proces časti chladiaceho okruhu automobilu

Súčasný systém, ktorý firma používa, predstavuje tradičný **tlačný** tzv. **Push** systém riadenia výroby. Tento systém vychádza z predpokladaného predaja, na základe čoho sú uskutočňované objednávky materiálu a výroba chladiaceho okruhu je zahájená tak, aby bol výrobok dodaný v stanovenom termíne. Zákaznícky dopyt je následne uspokojovaný dodávkami zo skladu. Tlačný systém riadenia je špecifický skoro pre väčšinu automobilového priemyslu, výnimkou je iba kusová výroba automobilov na zákazku.

Výroba komponentu s daným použitým systémom riadenia bola nasimulovaná v software Witness, a následne bol pomocou simulácie na danom modeli výrobnéj linky aplikovaný **tlačný – Pull** princíp riadenia a plánovania výroby.

2.1.2 Charakteristika výrobného systému

Ako už bolo predtým spomenuté, pri výrobe časti chladiaceho okruhu pracovníci pracujú v trojzmennej prevádzke v 480 minútovom cykle, pričom kapacita výroby je 1750 ks/ deň. Pracovníci počas zmeny majú povinnú 30 minútovú prestávku. Výsledný výrobok pozostáva z dvoch komponentov vstupujúcich do výrobného systému. Výrobný systém pozostáva celkovo z dvadsiatich výrobných zariadení, ktoré sú rozmiestnené vzhľadom na technológiu výroby. Ide napríklad o stroje na delenie, sústruhy či CNC centrá na tvárnenie. Okrem toho sú v hale nástroje a stroje potrebné pre finálnu montáž.

Komponenty sú priradované k strojom podľa zložitosti potrebných úprav, priradovanie je v kompetencii technologov, ktorí určujú aj jednotlivé časy potrebné na opracovanie. Komponent A a komponent B spoločne prechádzajú v počiatočnej fáze výroby delením a pre CNC tvárnením sú odmasťované spoločne na jednom zariadení. Zariadenie odmasťovania pracuje bez operátora, inak ku každému stroju je priradený pracovník.

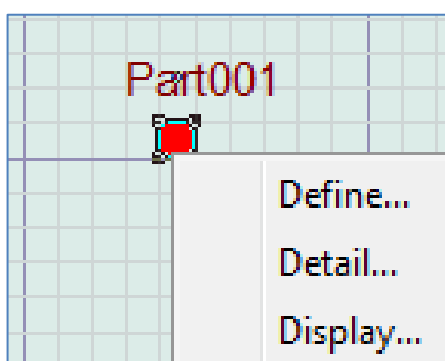
2.2 Postup tvorby simulačného modelu v programe Witness

Software Witness funguje na princípe sledovania použitých prvkov a ich správania sa vo vytvorenom simulačnom modeli, pričom daný model, ako aj v ňom použité elementy, sú vytvorené na základe skutočného výrobného systému.

Pomocou simulačného softwaru bol vytvorený model výrobného systému, ako stavajúceho, tak výsledného optimálneho variantu, v nasledujúcich krokoch:

1. zostavenie schémy daného modelu pomocou jednotlivých prvkov;
2. nadefinovanie dĺžok intervalov spravovania stanovených prvkov;
3. priradenie pracovníkov k výrobným strojom a zariadeniam;
4. nadefinovanie pracovnej zmeny;
5. nastavenie tlačného/ ťažného princípu riadenia výroby;
6. spustenie simulácie.

2.2.1 Tvorba simulačného modelu



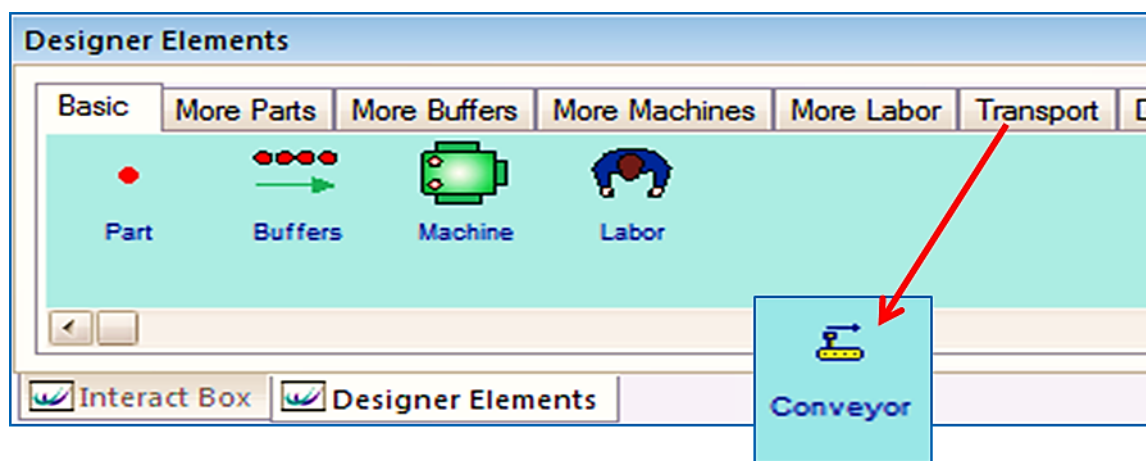
Obrázok 10 Stavba modelu programom Witness [17]

Simulačný model softwaru Witness je tvorený tromi základnými krokmi (viď Obrázok 10), kde po zaznamenaní mena modelu, jeho skratkami a menom autora bol každý použitý element použitý v modeli výrobného systému modelovaný v týchto bodoch:

- **Define - definícia prvku:** nadefinované mená a množstvo prvkov použitých v modeli, tzn. definovanie použitých strojov, súčastí, pracovníkov. Boli nadefinované typy použitých strojov, zásobníkov.
- **Display - zobrazenie prvku:** špecifikácia zobrazenia elementov zobrazených na obrazovke.
- **Detail - špecifikácia prvku:** detailný popis parametrov elementu a jeho správania sa v simulácií, predstavuje najdôležitejší krok tvorby modelu. V tomto prípade boli nadefinované základné parametre (rozmery, časy, množstvo, kapacita) použitých modelovacích prvkov. Definované boli aj stroje jednoduché (obrábacie) a montážne. Ďalej nastavené vstupné a výstupné podmienky pre správny priebeh simulácie výrobného toku.

2.2.2 Definovanie prvkov simulačného modelu

Simulačný model bol vytvorený pomocou knižnice elementov. Na stavbu modelu boli použité predefinované základné prvky knižnice - *Basic* (viď Obrázok 11) : **Parts** (časti), **Buffers** (zásobníky), **Machine** (stroj), **Labor** (pracovník), a knižnice *Transport*: **Conveyor** (dopravník).



Obrázok 11 Základne prvky modelu v knižnici prvkov Witness [17]

Základné prvky modelu, ktoré, ako bolo spomenuté, nájdeme v knižnici elementov v záložke *Basic*.

- * **Parts - časti**: súčasti prechádzajúce modelom. Reprezentujú základný komponent A a komponent B potrebný pre výrobu súčasti chladiaceho okruhu.
- * **Buffers - zásobníky**: miesta, pre skladovanie výrobkov a polotovarov. V simulačnom modeli je použitý zásobník reprezentujúci sklady rozpracovanej výroby (zásoba 1 - 8), konečný sklad hotového výrobku. Okrem toho je použitý aj zásobník pred úzkym miestom (BufferUM).
- * **Machine - stroj**: elementy predstavujúce stroje použité na výrobu finálneho výrobku. Dostane súčasť, obrobí ju a pošle na ďalšiu operáciu, napr. sústruh, píla, CNC stroj, ... Použité typy strojov v simulácii sú stroje **jednoduché (single)**, kedy do stroja a zo stroja vstupuje vždy jedna súčasť a **montážne (assembly)**, kde do stroja vstupuje stanovený počet súčiastok a vychádza jedna.
- * **Labor -pracovná sila**: pracovníci obsluhujúci výrobné stroje v dielni. V modeli je pridelená obsluha ku každému stroju, jediné výrobné zariadenie bez operátora je odmasťovacie.

Ďalším použitým prvkom pri stavbe modelu bol **Conveyor - dopravník** na prepravu výrobku v záverečných fázach výroby. Konkrétne predstavuje pásový dopravník použitý na prepravu výrobku v procese montáže. Podľa reálneho modelu je nastavená charakterizujúca zmennosť pomocou **Shifts - zmeny**.

Cieľom simulačnej štúdie je porovnať použitý tlačný systém vo výrobnom podniku s ťažným systémom riadenia, ktorý je práve pomocou simulácie použitý v tom istom výrobnom systéme. Výstupné správy v software Witness poskytujú možnosť použitia súhrnnej štatistiky vybraných elementov, ktoré sú potrebné pri vyhodnocovaní simulačných modelov.

2.3 Analýza simulačného modelu

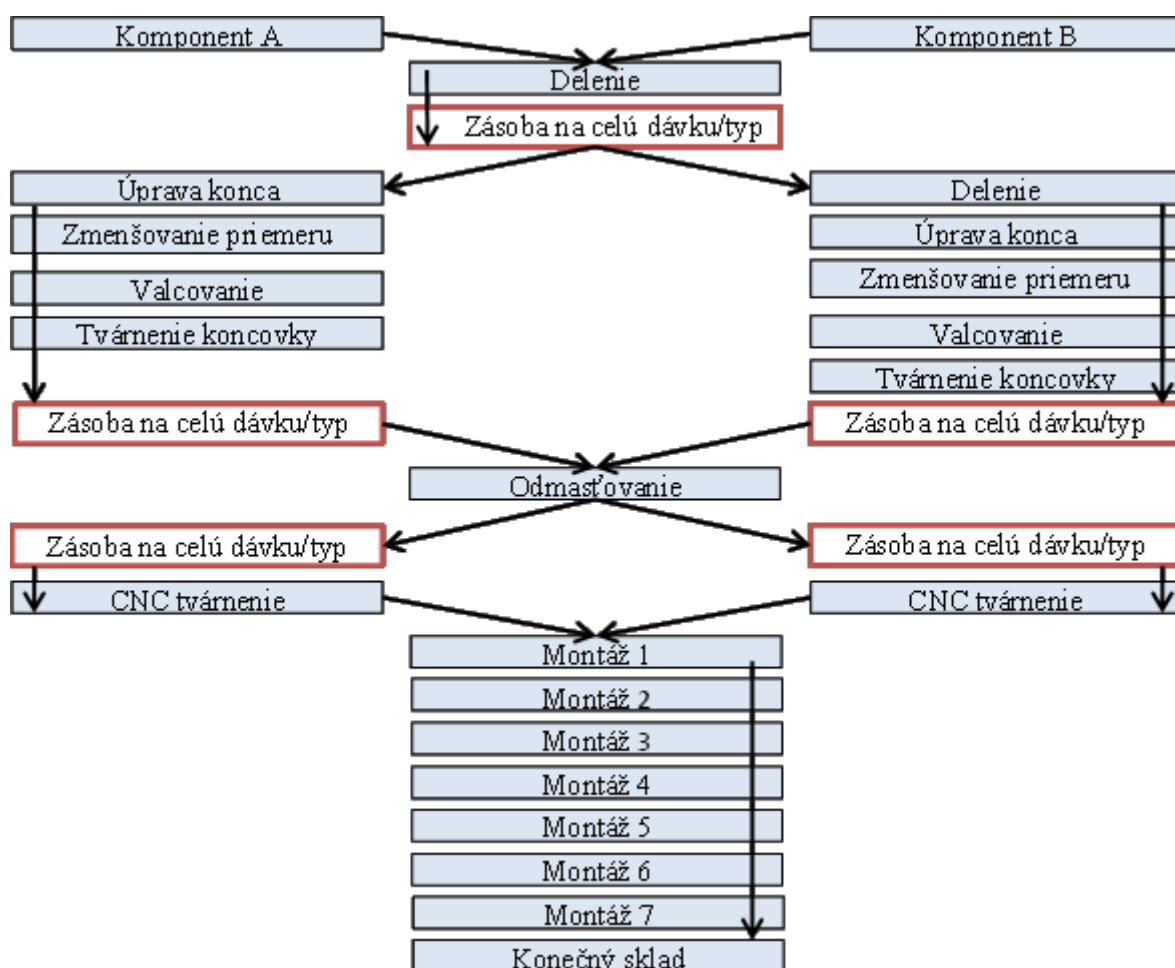
Vytvorené simulačné modely sú vyhodnocované na základe porovnaní súčasného stavu, kde je použitý tlačný koncept riadenia výroby s vytvoreným modelom, kde je použitý ťažný systém riadenia. Pre každý navrhovaný variant sa zhodnotí celkový čas výroby chladiaceho okruhu a využitie používaných pracovných zariadení.

Model súčasného stavu výrobného systému je diagnostikovaný pomocou simulačného softwaru Witness. Tok elementov v modeli má rovnaké správanie ako koncepčný model, preto je možné tento model považovať za správny. Tento model predpokladá rovnaké správanie všetkých pracovníkov, čo v reálnej praxi neexistuje. Nepredpokladá ani nedokončenie zákazky na viacerých strojných zariadeniach. Na podobnom princípe je nasimulovaný aj model ťahového konceptu riadenia výroby, kde taktiež do úvahy berieme stavy najčastejšie sa vyskytujúce vo výrobnom systéme. Do úvahy je potrebné brať široký rozsah náhodných veličín, ktoré majú vplyv na pravdivosť simulácie, ako napr. zmätkovosť výrobkov, poruchovosť strojov či prestoje. Vytvorené modely je možné považovať za validné, keďže do úvahy sú brané najčastejšie vyskytujúce sa stavy systému. Do úvahy nie je braná zmätkovitosť ani prestoje, pretože nemajú vplyv na výsledky analýzy simulačného modelu.

Pri každom stave simulácia zhodnotí priemerný čas vybavenia objednávky, ktorý je meraný od vstupu objednávky do zariadenia až po vstup do skladu hotových kusov a využitie uvažovaných zariadení.

2.3.1 Simulačný model súčasného stavu

Počet súčastí, ktoré vstupujú do výrobného systému je 1750 ks (Komponent A, Komponent B), čo predstavuje stanovenú dennú kapacitu. Na základe simulácie je stanovený **priemerný čas výroby 335,23 min.** - čas, ktorý súčasť stráví vo výrobe. Celkový čas výroby určený simuláciou predstavuje **338,05 min.** - čas trvania od okamžiku vstupu prvej súčasti do výrobného procesu po vstup poslednej súčasti do skladu. Počas produkcie výrobnéj linky sú vytvorené sklady zásob pre celú dávku - medzisklady (viď Obrázok 12), odkiaľ polotovary pokračujú ďalej do výroby, kde sa spracovávajú a obrábajú.



Obrázok 12 Bloková schéma umiestnenia zásob v systéme

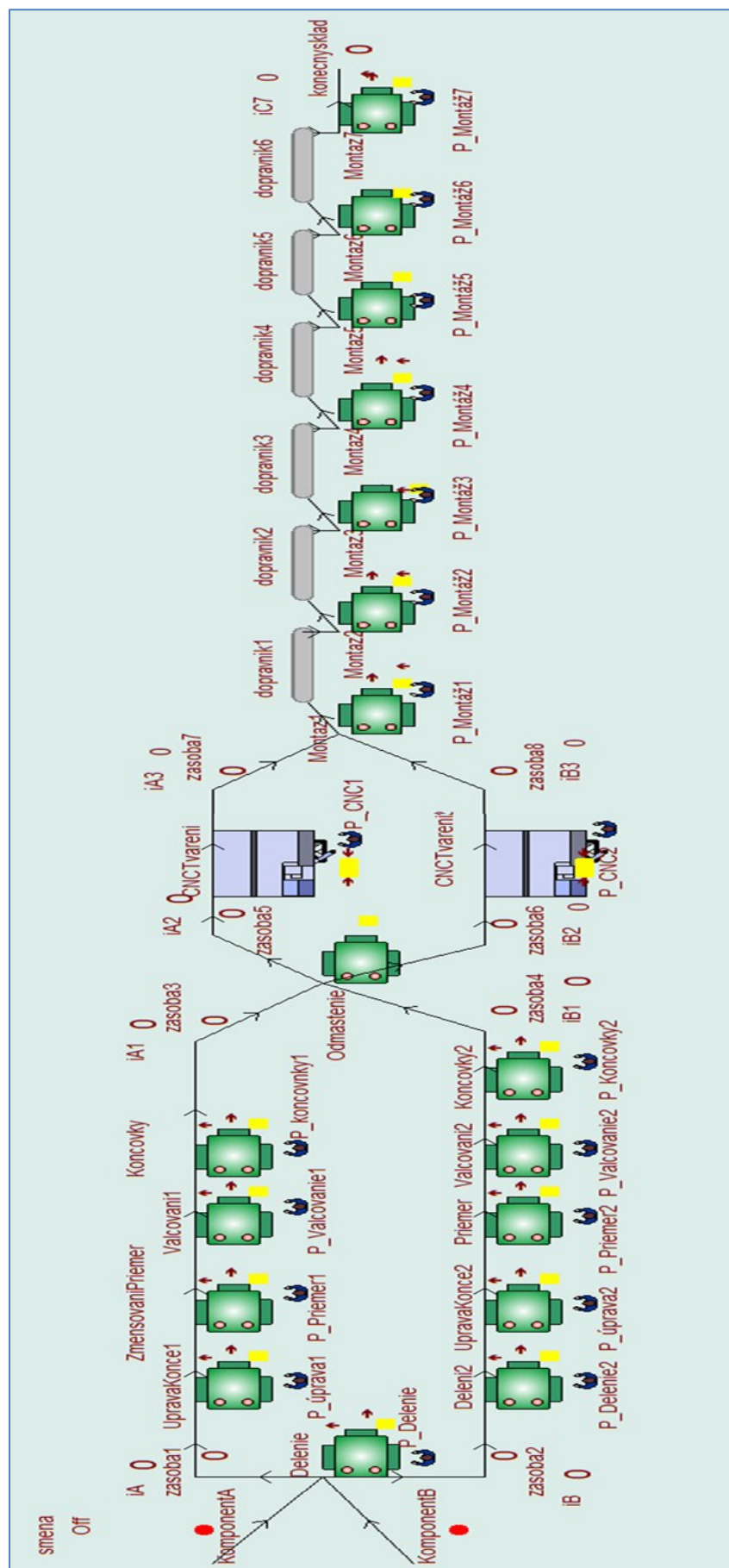
Vyťaženie strojných zariadení zobrazené v nasledujúcej Tabuľke 4 poukazuje na to, že najväčší výkon počas výroby vykonáva zariadenie na odmasťovanie súčastí. Stroj použitý na odmasťovanie pred tvárnením vykonáva najväčšiu činnosť, a to **93,90%**.

Strojné zariadenie je neustále v pracovnej činnosti. Dôvodom je, že do stroja vstupuje **dávka 50 ks**. Procesný čas na spracovanie tejto dávky je 260 s, to znamená, že spracovanie jedného kusu trvá 5,2 s. Ostatné stroje sú väčšinou po vykonaní svojej práce nečinné. Stroje v priemere pracujú, resp. sú priemerne v činnosti **6,29%**. Percentuálne využitie strojných zariadení je v porovnaní s dobou čakania (% Busy) na prácu = **93,623%** veľmi malé. Všeobecne prevyšuje percentuálne nečinnosť strojných zariadení nad ich činnosťou. Môže to byť spôsobené nevhodným kapacitným plánovaním v súvislosti so zle nastavenými normami.

Tabuľka 4 Štatistika strojných zariadení - tlačný systém riadenia

Strojné zariadenie	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	100	0,00	0,00
ÚpravaKonca1	98,27	1,73	0,00
Delenie2	98,03	1,97	0,00
ZmenšovaniePriemer	98,27	1,73	0,00
Valcovanie1	98,27	1,73	0,00
Koncovky	98,27	1,73	0,00
ÚpravaKonca2	98,03	1,97	0,00
Priemer	98,03	1,97	0,00
Valcovanie2	98,03	1,97	0,00
Koncovky2	98,03	1,97	0,00
Odmastenie	6,10	93,90	0,00
CNCTvárnienie	98,24	1,76	0,00
CNCTvárnienie2	98,24	1,76	0,00
Montáž1	98,03	1,97	0,00
Montáž2	98,03	1,97	0,00
Montáž3	98,1	1,10	0,00
Montáž4	98,03	1,10	0,00
Montáž5	98,23	1,77	0,00
Montáž6	98,03	1,97	0,00
Montáž7	98,2	1,80	0,00

Tabuľka 4 okrem činnosti a nečinnosti strojných zariadení obsahuje aj percentuálny stav, kedy je stroj blokovaný (% *Blocked*). Použitím tlačného riadenia systému pre výrobu chladiaceho okruhu automobilov nevznikajú žiadne miesta, kde by ostával stáť spracovávaný komponent. To znamená, že výrobné stroje nie sú ničím blokované a v danom systéme nevznikajú žiadne tzv. úzke miesta - miesta obmedzujúce výkon výrobného procesu. Na Obrázku 13 je znázornený simulačný model výrobného procesu s tlačným systémom riadenia.



Obrázok 13 Model tlačného systému - súčasného stavu [17]

2.3.2 Simulácia ťažného systému riadenia výroby

Pomocou simulácie bol pre rovnakú výrobnú linku použitý ťažný systém plánovania a riadenia výroby (viď Obrázok 14). Použitím ťažného systému riadenia sa eliminovali sklady zásob na dávky vyrobených súčiastok. Tento krok umožňuje spoločnosti **minimalizáciu skladových nákladov**, ako aj celkové zrýchlenie výroby komponentu. Ťažný systém je najlepšie charakterizovaný japonskou metódou JIT (*Just In Time* - práve v čas), kedy je materiál použitý práve v tom okamžiku, kedy je potrebný, bez použitia možnosti skladovania. Systém je iniciovaný zákazníkom a všetky výrobné komponenty a materiály sú „ťahané - *Pull*“ systémom až k finálnej komplementácii, v našom prípade finálnej montáži chladiaceho okruhu a predanie buď do ďalšej výroby, alebo priamo zákazníkovi. Systém ťahového riadenia a plánovania výroby využíva väčšina automobilových spoločností, v ktorých ide o opakovanú výrobu rovnakých alebo podobných súčiastok.

Tabuľka 5 Štatistika strojných zariadení - ťažný systém riadenia

Strojne zariadenie	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	0,85	0,00	99,15
ÚpravaKonca1	0,82	1,84	97,35
Delenie2	0,79	2,08	97,13
ZmenšovaniePriemer	0,76	1,84	97,40
Válcovanie1	0,71	1,84	97,46
Koncovky	0,65	1,84	97,51
ÚpravaKonca2	0,73	2,08	97,18
Priemer	0,68	2,08	97,24
Válcovanie2	0,62	2,08	97,29
Koncovky2	0,60	2,08	97,32
Odmastenie	0,57	99,43	0,00
CNCTvárenie	98,14	1,86	0,00
CNCTvárenie2	98,14	1,86	0,00
Montáž1	97,20	2,08	0,72
Montáž2	92,28	2,08	0,64
Montáž3	97,02	2,01	0,97
Montáž4	97,28	2,08	0,64
Montáž5	97,48	1,87	0,65
Montáž6	97,48	2,08	0,44
Montáž7	98,09	1,91	0,00
Priemer (%)	44,04	6,75	48,95

Aplikáciou *Pull* systému v rovnakom procese riadenia bol znížený priemerný čas výroby okruhu na **227,93 min.**, čo predstavuje **68% pokles času produkcie**. Celkový čas výroby určený simuláciou predstavuje **305,075 min.** - čas trvania od okamžiku vstupu prvej súčasti do výrobného procesu po vstup poslednej súčasti do skladu.

Použitím ťažného systému riadenia, ako vidíme v Tabuľke 5, sa zníži aj nečinnosť (% Idle) strojných zariadení na **44,04%**, čo predstavuje skoro **50% zlepšenie** (49,57 %) oproti predošlému systému. Strojné zariadenie na odmastenie súčiastok, tak ako v predošlom systéme, nepreukazuje žiadne zlepšenie ani použitím iného spôsobu riadenia výroby. Na rozdiel od ostatných vykazuje stále skoro rovnaké percento výrobnej činnosti (% Busy) - **99,43%**. Odmastenie zvyšuje pracovnú činnosť o viac ako 5%. Problém použitia tohto systému plánovania a riadenia výroby predstavuje blokovanie strojných zariadení. Toto blokovanie spôsobuje práve zníženie, resp. maximálnu minimalizáciu skladových priestorov. Oproti predošlému systému sa **blokovanie navýšilo skoro na 50% - 48,95%**. Blokovanie materiálu je spôsobené práve minimalizáciou skladových priestorov.

Zmenou spôsobu riadenia výroby časti okruhu chladiaceho systému síce znížime čas potrebný na výrobu a ako bolo už spomenuté sú ušetrené náklady na skladovanie, ale zvýši sa čas čakania na materiál. Toto čakanie je spôsobené blokovaním materiálu, pretože v systéme sa vytvára miesto, kde sa hromadia spracovávané komponenty.

2.3.3 Porovnanie tlačného a ťažného konceptu riadenia výroby

V porovnaní sa prvý simulačný model, kde bol použitý *Push* systém, preukazoval jedine nulovým blokovaním strojných zariadení. Druhý model s nasimulovaným *Pull* systémom využíva rovnaké modelové prvky programu Witness a na prvý pohľad nie sú zrejmé žiadne výrazné zmeny v oboch prípadoch. Jediný, na prvý pohľad viditeľný rozdiel, je v použití skladov medzioperačných zásob. Ďalšie rozdiely je možné nájsť až porovnaním štatistík vyhodnotených simuláciou.

Prvý model s *Push princípom* sa na prvý pohľad javí ako vhodný systém riadenia výroby pre daný element automobilu. V porovnaní s druhým modelom sa už ukazujú jeho nevýhody resp. nedostatky. *Pull princíp* ma najväčší nedostatok vysoké percento

blokovania strojných zariadení. Navyše oproti *Push* má výrazné zlepšenie v priebežnej dobe výroby, v znížení nečinnosti strojov, a taktiež v minimalizácii medzioperačných zásob (viď predchádzajúcu kapitolu 2.3.2 Simulácia ťažného systému riadenia výroby).

Ďalšou možnosťou porovnania daných konceptov riadenia je pomocou štatistiky použitých pásových dopravníkov. Porovnanie dát získaných simuláciou v Tabuľkách 6 a 7 ukazuje na využitie zmienených dopravníkov v oboch prípadoch simulačných modelov. Pásový dopravník použitý pri montážnom procese v *Pull* systéme je viac ako o 60% **využívanejší** ako v princípe *Push*. Teda sa znižuje aj percento, kedy dopravník neprepravuje žiaden materiál.

Tabuľka 6 Štatistika pásového dopravníka - tlačný systém riadenia

Pásový dopravník	% Empty (Prázdna dráha)	% Move (Dráha v pohybe)	% Blocked (Blokovaná dráha)
dopravník1	97,98	0,02	0,01
dopravník2	97,98	2,02	0,00
dopravník3	98,06	1,45	0,00
dopravník4	98,06	1,94	0,00
dopravník5	98,06	1,94	0,00
dopravník6	98,06	1,94	0,00
Priemer (%)	98,03	1,55	0,00

Tabuľka 7 Štatistika pásového dopravníka - ťažný systém riadenia

Pásový dopravník	% Empty (Prázdna dráha)	% Move (Dráha v pohybe)	% Blocked (Blokovaná dráha)
dopravník1	42,64	57,36	0,00
dopravník2	28,30	71,70	0,00
dopravník3	36,90	63,10	0,00
dopravník4	36,90	63,10	0,00
dopravník5	36,90	63,10	0,00
dopravník6	28,30	71,70	0,00
Priemer (%)	34,99	65,01	0,00

Obidva systémy obsahujú určité formy plytvania, ktoré je nutné odstrániť. Jedná sa predovšetkým o nadmerné čakania na materiál a nečinnosť strojných zariadení. Pre čo najefektívnejšie využitie výrobných subsystémov je potrebné minimalizovať, najlepšie eliminovať všetky formy plytvania brzdících priebeh spracovania a výroby požadovaných elementov.

Ak by sa jednalo v tomto prípade o optimalizáciu jedného konkrétneho procesu, dalo by sa o voľbe modelu polemizovať, ale pre zlepšenie celkového procesu výroby chladiaceho okruhu vychádza lepšie druhý model s použitím ťažného konceptu riadenia výroby. Každý použitý princíp riadenia výrobného procesu má svoje výhody a nevýhody pre danú výrobnú linku. Najlepším riešením daného procesu je využiť výhody oboch systémov a tieto výhody skombinovať. Do úvahy je potrebné brať, že absolútnu zhodu dát reálneho systému a vytvorených modelov nie je možné nikdy očakávať.

3 Návrh optimálneho riešenia

Na základe predchádzajúcich simulácií sa model s použitím ťažného systému zdal vhodnejší na použitie vo výrobnom podniku. Z teoretického hľadiska však tlačný systém tiež prináša svoje výhody v procese výroby. Je však potreba ich optimalizácie. Ako najvhodnejšie riešenie sa zdá spojenie oboch systémov. Využitím tlačných systémov (napr. MRP I. a MRP II.) s riadením podľa minimálnych zásob (JIT, KANBAN atď.) je potom možné riadiť celý proces výroby. Kombináciou, ktorá využíva obe metódy, je tzv. **teória obmedzenia - TOC**.

Na základe tejto metódy je potrebné v procese riadenia objaviť miesto - **úzke miesto**, kde sa hromadia súčiastky a brzdia výrobu. Na základe predchádzajúcich analýz simulácií ťažného a tlačného princípu sa takýmto kritickým miestom javí **strojné zariadenie na odmastenie**. Strojné zariadenie s najväčšou pracovnou vyťaženosťou musí **za čas 260 sekúnd spracovať dávku 50 ks**. To znamená, že spracovanie jedného kusu trvá 5,2 s.

V porovnaní v Tabuľke 8 vyhodnotení simulácií ťažného a tlačného systému je viditeľné ako stroj na odmastenie pracuje. Tak ako v *Push*, tak aj v druhom systéme je **toto zariadenie činné (% *Busy*) na viac ako 90 %**. V prípade *Pull* je vykonávaná skoro 100% pracovná činnosť. Viditeľným rozdielom v použitých konceptoch riadenia je aj percento nevyužitia stroja (% *Idle*). Oproti tlačnému systému, kde je nečinnosť strojov na 93,62 %, v ťažnom systéme je táto hodnota o poznanie menšia. Nečinnosť strojných zariadení v ťažnom systéme je na 44,04 %, pričom nečinnosť narastá až pri strojoch, ktoré sa nachádzajú za odmastením. V priemere je hodnota *Idle* do tohto kritického bodu zanedbateľná - 0,72 %. Po prekročení zlomového bodu táto hodnota narastá na 97%.

Strojné zariadenie na odmastenie poukazuje na výskyt úzkeho miesta aj porovnaním **blokovania systému** (viď Tabuľka 9) vyhodnoteného simuláciou. V simulácii, kde je aplikovaný *Push* princíp, k blokovaniu systému nedochádza. Naopak, v aplikovanom princípe *Pull* je viditeľný nárast blokovania systému skoro na 50%. Blokovanie je najviac markantné pri strojných zariadeniach umiestnených pred odmastením. V týchto miestach je zdržanie materiálu približne 97,5%. Ďalej v procese výroby nie je skoro žiadne zdržiavanie vyrábaných elementov. Zdržanie tu predstavuje necelého 0,5%, preto ho môžeme zanedbať.

Tabuľka 8 Porovnanie tlačného a ťažného princípu riadenia - strojné zariadenia

Strojne zariadenie	Tlačný (Push) princíp		Ťažný (Pull) princíp	
	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)
Delenie	100	0,00	0,85	0,00
ÚpravaKonca1	98,27	1,73	0,82	1,84
Delenie2	98,03	1,97	0,79	2,08
ZmeňovaniePriemer	98,27	1,73	0,76	1,84
Valcovanie1	98,27	1,73	0,71	1,84
Koncovky	98,27	1,73	0,65	1,84
ÚpravaKonca2	98,03	1,97	0,73	2,08
Priemer	98,03	1,97	0,68	2,08
Valcovanie2	98,03	1,97	0,62	2,08
Koncovky2	98,03	1,97	0,60	2,08
Odmastenie	6,10	93,90	0,57	99,43
CNCTvárnienie	98,24	1,76	98,14	1,86
CNCTvárnienie2	98,24	1,76	98,14	1,86
Montáž1	98,03	1,97	97,20	2,08
Montáž2	98,03	1,97	92,28	2,08
Montáž3	98,1	1,10	97,02	2,01
Montáž4	98,03	1,10	97,28	2,08
Montáž5	98,23	1,77	97,48	1,87
Montáž6	98,03	1,97	97,48	2,08
Montáž7	98,2	1,80	98,09	1,91
Priemer (%)	93,62	6,29	44,04	6,75

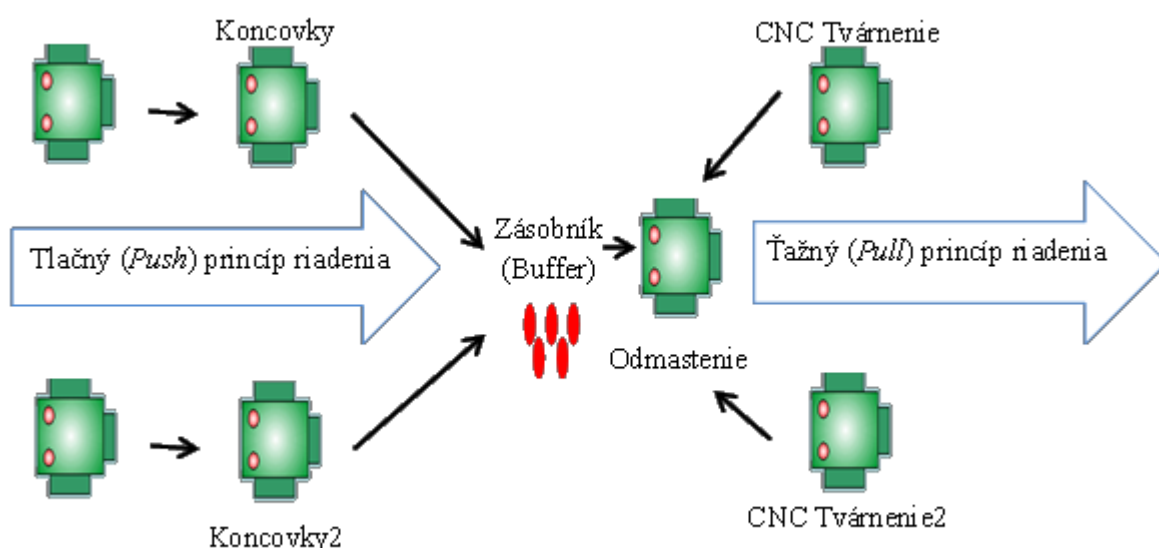
Tabuľka 9 Porovnanie blokovania - strojné zariadenia

Strojne zariadenie	Tlačný (Push) princíp	Ťažný (Pull) princíp
	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	0,00	99,15
ÚpravaKonca1	0,00	97,35
Delenie2	0,00	97,13
ZmeňovaniePriemer	0,00	97,40
Valcovanie1	0,00	97,46
Koncovky	0,00	97,51
ÚpravaKonca2	0,00	97,18
Priemer	0,00	97,24
Valcovanie2	0,00	97,29
Koncovky2	0,00	97,32
Odmastenie	0,00	0,00
CNCTvárnienie	0,00	0,00
CNCTvárnienie2	0,00	0,00
Montáž1	0,00	0,72
Montáž2	0,00	0,64
Montáž3	0,00	0,97
Montáž4	0,00	0,64
Montáž5	0,00	0,65
Montáž6	0,00	0,44
Montáž7	0,00	0,00
Priemer (%)	0,00	48,95

3.1 Návrh variantu riešenia A

Na základe predchádzajúcich zhodnotení výskytu úzkeho miesta je navrhnuté riešenie **umiestnenia zásobníku - Buffer, komponentov** pred odmastenie. Umiestnením zásobníku by malo dôjsť k zabezpečeniu plynulosti výroby. Do miesta zásobníku bude využitý tlačný systém riadenia procesu, od zásobníku použitý ťažný princíp.

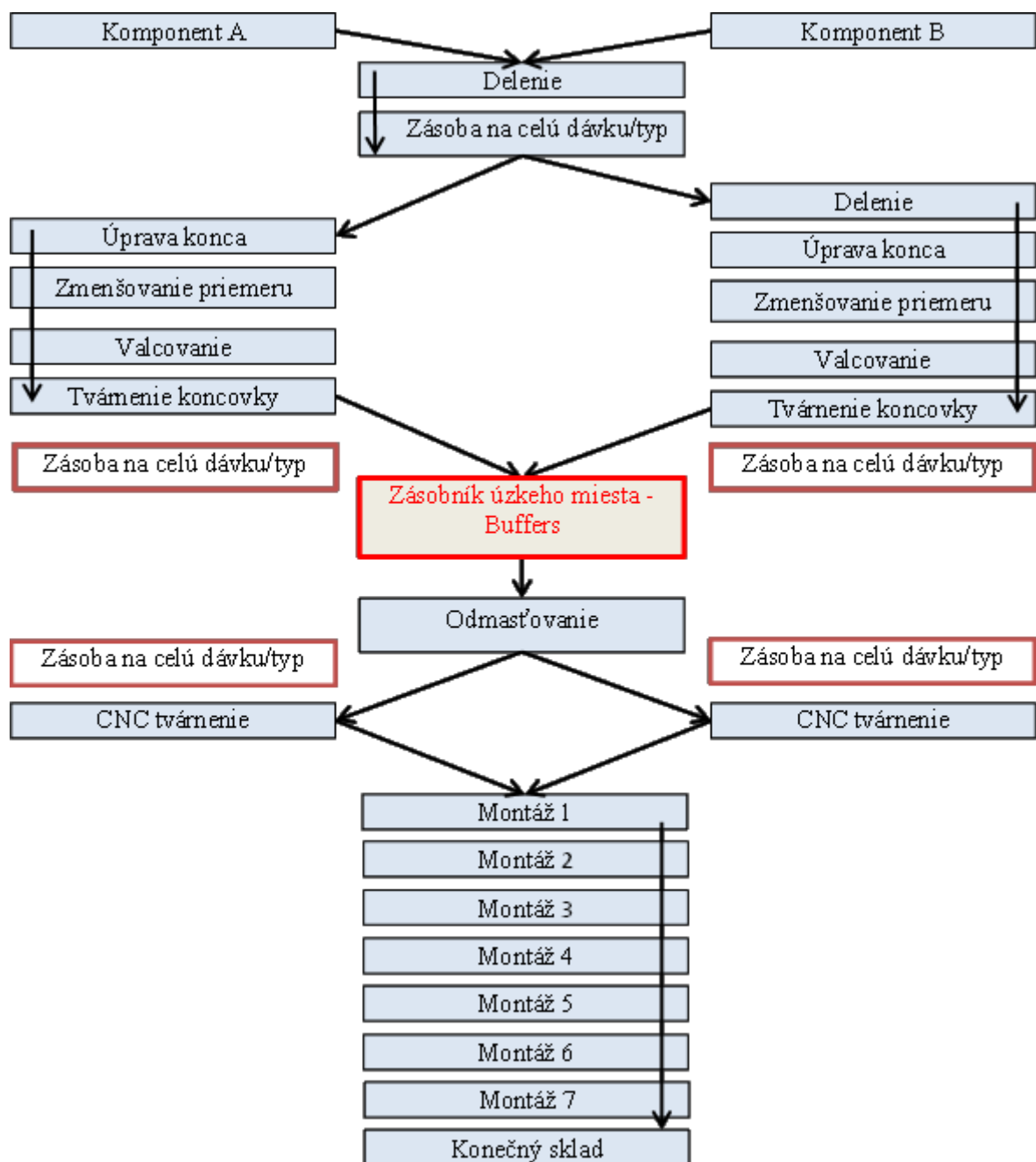
Grafické znázornenie použitých konceptov riadenia pomocou software Witness je na Obrázku 15.



Obrázok 15 Grafické znázornenie aplikácie Pull a Push princípu variantu A

Celkovo sa vo výrobnom systéme redukujú štyri miesta zásob na celú dávku komponentov A a B vchádzajúcich do výroby. Tieto zásobovacie miesta medzivýroby sú potom nahradené jedným miestom - **Zásobníkom úzkeho miesta**. Jediná zásoba ostávajúca z pôvodného systému je zásoba za procesom delenia komponentov.

Na nasledujúcom Obrázku 16 je zakreslené pôvodné umiestnenie zásob na celú dávku a aj miesto, kde bude aplikovaný zásobník - Buffer. Takto navrhnutá výrobná linka časti chladiaceho okruhu bude nasimulovaná vo Witness.



Obrázok 16 Bloková schéma umiestnenia zásobníku úzkeho miesta vo výrobe

3.1.2 Analýza navrhovaného variantu A

Na základe navrhovaného variantu riešenia bola vytvorená simulácia v software Witness s umiestnením zásobníku komponentov pred strojné zariadenie odmastenia. Výsledky simulácií sú zapísané v tabuľkách 10 a 11. Tieto hodnoty sú následne porovnané s predchádzajúcimi vyhodnoteniami použitých výrobných systémov - *Pull* a *Push*.

Tabuľka 10 Štatistika strojných zariadení - Variant A

Strojne zariadenie	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	100,00	0,00	0,00
ÚpravaKonca1	53,76	1,84	44,41
Delenie2	50,43	2,08	47,49
ZmenšovaniePriemer	53,70	1,84	44,46
Valcovanie 1	53,64	1,84	44,52
Koncovky	53,59	1,84	44,58
ÚpravaKonca2	50,41	2,08	47,51
Priemer	50,38	2,08	47,54
Valcovanie 2	50,35	2,08	47,57
Koncovky2	50,32	2,08	47,59
Odmastenie	0,59	99,41	0,00
CNCTvárnienie	98,20	1,80	0,00
CNCTvárnienie2	98,08	1,92	0,00
Montáž1	94,40	4,16	1,44
Montáž2	97,13	2,08	0,79
Montáž3	97,13	2,01	0,86
Montáž4	97,92	2,08	0,00
Montáž5	97,78	1,87	0,35
Montáž6	97,13	2,08	0,79
Montáž7	98,09	1,91	0,00
Priemer (%)	72,15	6,85	21,00

Tabuľka 11 Štatistika pásových dopravníkov - Variant A

Pásový dopravník	% Empty (Prázdna dráha)	% Move (Dráha v pohybe)	% Blocked (Blokovaná dráha)
dopravník1	28,31	71,69	0,00
dopravník2	28,31	71,69	0,00
dopravník3	28,31	71,69	0,00
dopravník4	28,31	71,69	0,00
dopravník5	28,31	71,69	0,00
dopravník6	0,58	94,78	0,00
Priemer (%)	23,69	75,54	0,00

Aplikáciou **kombinácie Push/Pull** pre daný výrobný proces bol dosiahnutý priemerný **čas výroby 228,03 min.** V porovnaní s použitými systémami jednotlivo to predstavuje zlepšenie oproti *Push* systému, ale v prípade *Pull* systému sú dosiahnuté takmer rovnaké časové výsledky (viď Tabuľka 12). Strojné zariadenie na odmastenie komponentov, ktoré predstavuje rizikové miesto v procese, vykazuje stále rovnakú pracovnú činnosť 99,41% (viď Tabuľka 13).

Tabuľka 12 Porovnanie výrobných časov - Variant A

VÝROBNÉ ČASY	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant A
Samotný čas výroby (min.)	335,35	227,93	228,05
Celkový čas výroby (min.)	338,05	305,08	305,14

Tabuľka 13 Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant A

ODMASTENIE	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant A
% Idle (Nečinné zariadenie)	6,10	0,57	0,59
%Busy (Zariadenie v činnosti)	93,90	99,43	99,41

V prípade variantu riešenia A kombináciou konceptov riadenia dochádza k poklesu nečinnosti všetkých používaných strojov v porovnaní so súčasným používaným systémom. Pri **porovnaní s čistým ťažným systémom** je ale zaznamenaný **30% nárast nečinnosti**. Globálne, ako bolo spomenuté **oproti tlačnému systému, je pokles 20% nečinnosti**. Výsledky porovnania sú uvedené v ďalšej Tabuľke 14.

Tabuľka 14 Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant A

STROJNÉ ZARIADENIA	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant A
% Idle (Nečinné zariadenie)	93,62	44,04	72,15
%Busy (Zariadenie v činnosti)	6,29	6,75	6,85

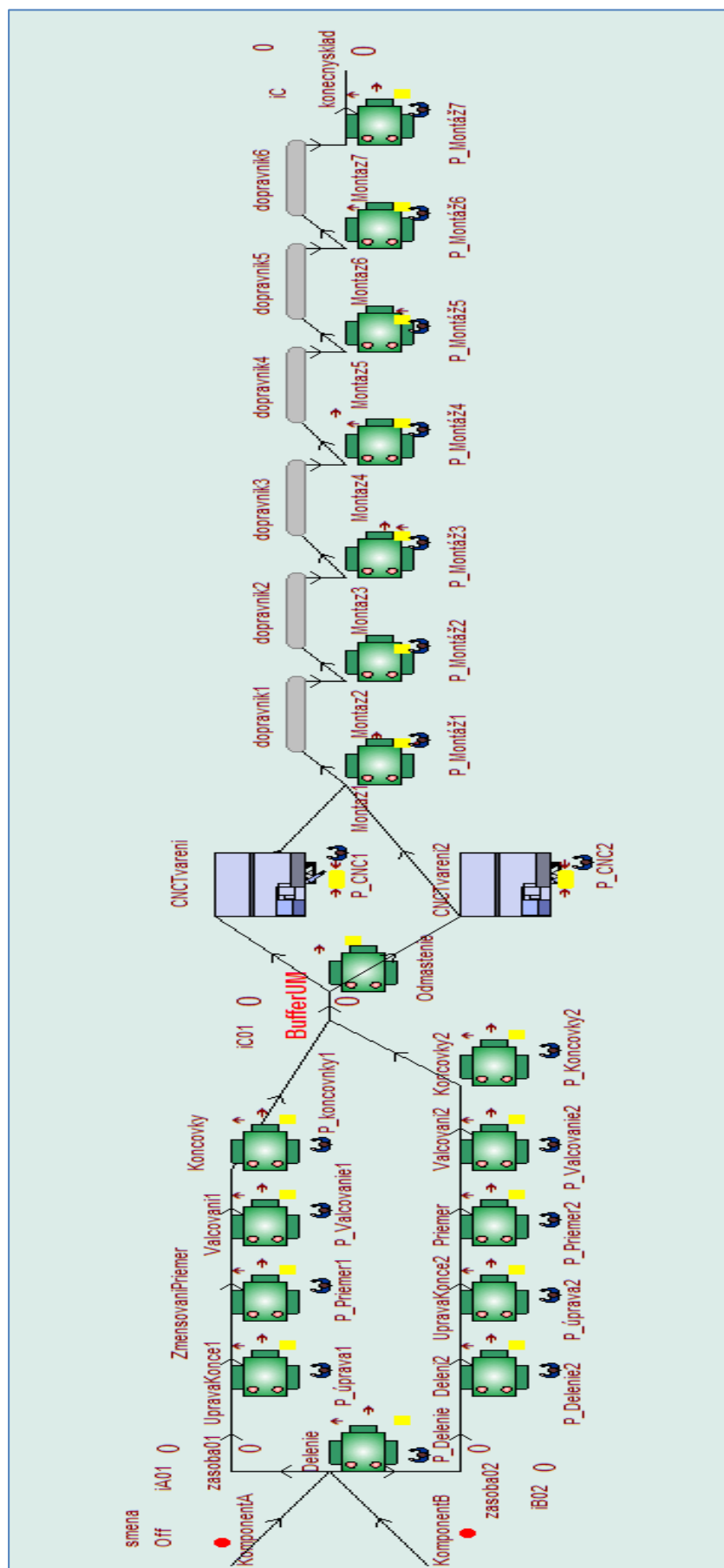
Cieľom aplikovania kombinovaného systému riadenia variantu A bolo zníženie blokovania prechodu materiálu strojmi, spôsobeného hromadením v kritickom mieste. V nasledujúcej tabuľke 15 sú zapísané hodnoty z blokovania v aplikovaných procesoch riadenia výroby.

Tabuľka 15 Porovnanie blokovania strojných zariadení - Variant A

Strojné zariadenie	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant A
	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	0,00	99,15	0,00
ÚpravaKonca1	0,00	97,35	44,41
Delenie2	0,00	97,13	47,49
ZmenšovaniePriemer	0,00	97,40	44,46
Valcovanie1	0,00	97,46	44,52
Koncovky	0,00	97,51	44,58
ÚpravaKonca2	0,00	97,18	47,51
Priemer	0,00	97,24	47,54
Valcovanie2	0,00	97,29	47,57
Koncovky2	0,00	97,32	47,59
Odmastenie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárenie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárenie2	0,00	0,00	0,00
Montáž1	0,00	0,72	1,44
Montáž2	0,00	0,64	0,79
Montáž3	0,00	0,97	0,86
Montáž4	0,00	0,64	0,00
Montáž5	0,00	0,65	0,35
Montáž6	0,00	0,44	0,79
Montáž7	0,00	0,00	0,00
Priemer (%)	0,00	48,95	21,00

Zmenou spôsobu riadenia výrobného procesu sa blokovanie systému oproti tlačnému systému, kde táto hodnota dosahovala priemerne skoro 50% (48,98%), zmenilo, čím dochádza k zaznamenaní poklesu o **viacej ako 25% blokovania**. Dosiahnutým poklesom sa nijako nenarúša priebeh systému. Naopak, až na malé navýšenie nečinnosti oproti ťažnému systému sú dosiahnuté takmer rovnaké výsledky ako u *Pull* princípu, ktorý predstavuje na základe predošlej analýzy simuláciou (viď kapitolu 2.3.2) vhodnejší systém pre výrobu chladiaceho okruhu.

Výsledkom simulačnej analýzy použitia kombinácie ťažného a tlačného systému riadenia je výrobný proces, ktorý spája výhody oboch systém. Výsledný proces riadenia a plánovania výrobného procesu, oproti súčasnému skracaie dobu výroby o 68%, a zároveň, na rozdiel od ťažného konceptu riadenia znižuje blokovanie systému. Simulačný model kombinácie tlačného a ťažného princípu s použitím zásobníku úzkeho miesta (BufferUM) je zobrazený na Obrázku 17.

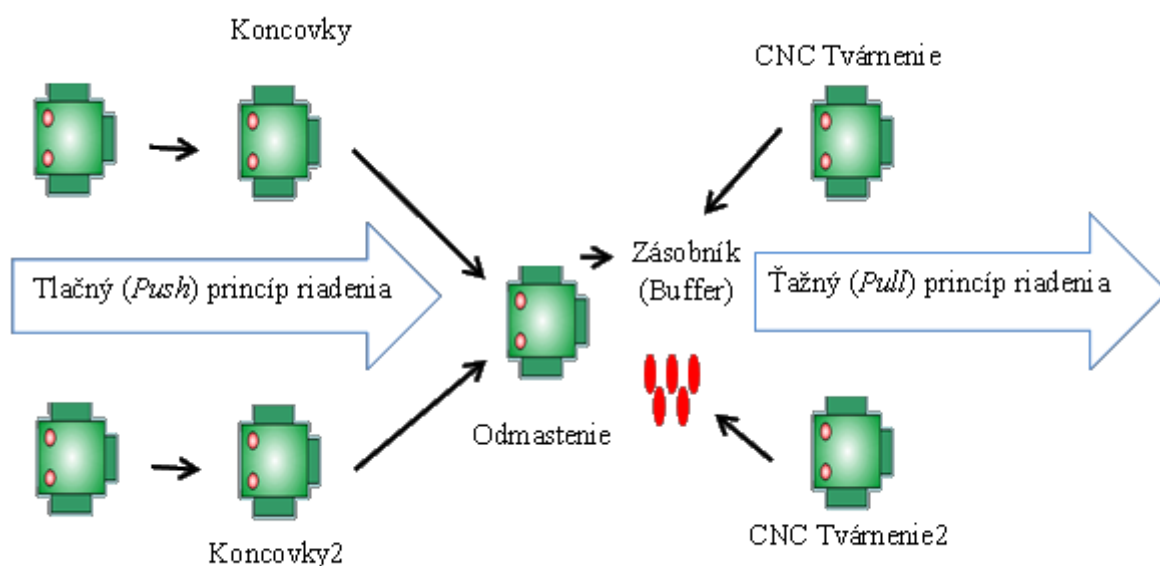


Obrázok 17 Ukážka simulačného model Variantu A [17]

3.2 Návrh riešenia variantu B

Cieľom je aplikovať výrobný proces, ktorý bude pre danú výrobu optimálny. Tento novonavrhnutý systém má podniku redukovať zásobovacie sklady, zlepšiť priebeh výroby, na ktorom podnik ušetrí. Na základe zhodnotenia výskytu úzkeho miesta v procese výroby je v návrhu riešenia **vytvorené miesto pre zásobník - Buffer**, ktorý bude umiestnený za strojom odmastenia pred CNC tvárnenia. Navrhovaný variant kombinuje použitie oboch predošlých metód riadenia výroby.

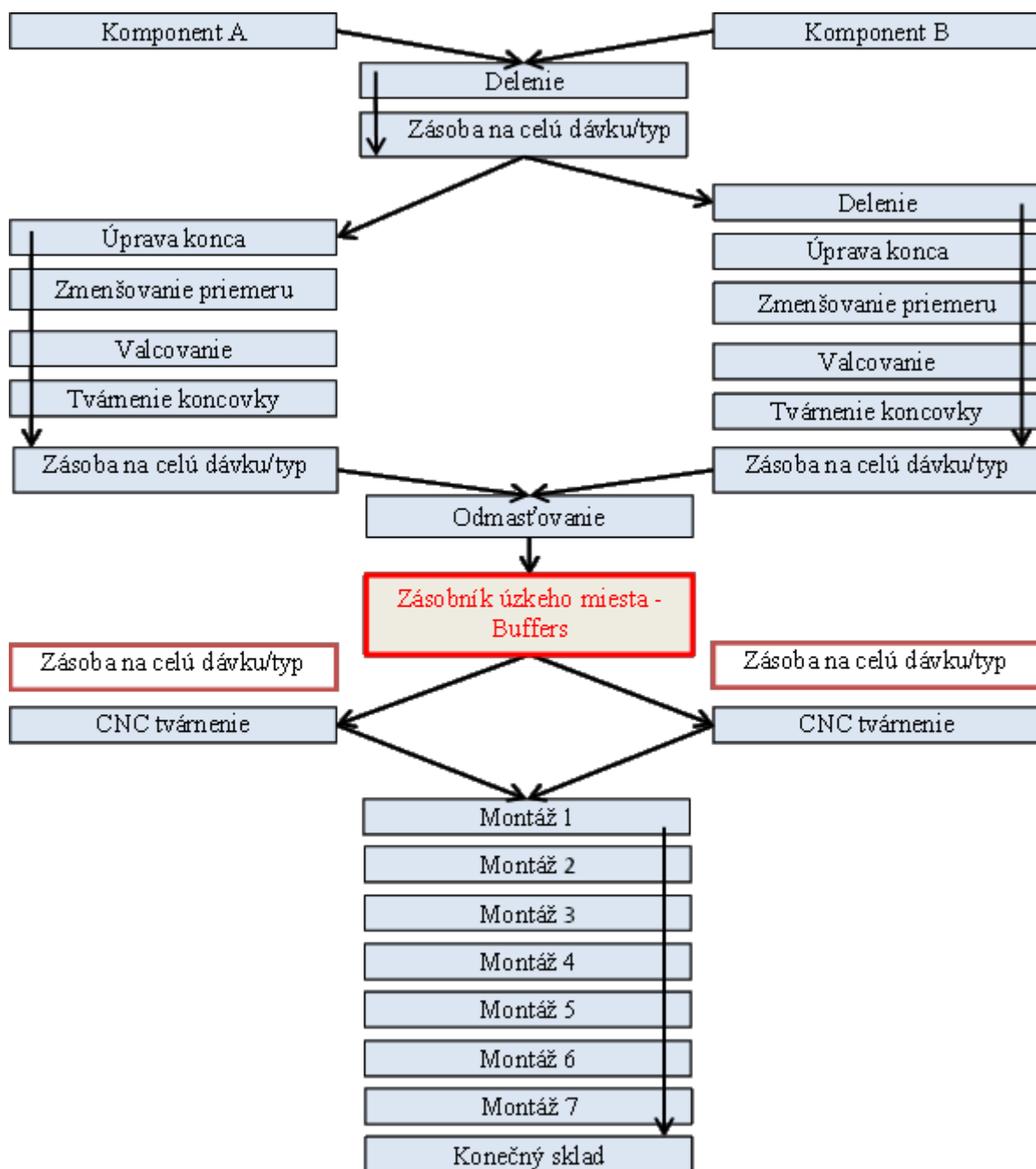
Na Obrázku 18 je graficky znázornený priebeh použitých konceptov, ktorý bude následne analyzovaný v simulačnom programe Witness.



Obrázok 18 Grafické znázornenie aplikácie Pull a Push princípu variantu B

Zásobník úzkeho miesta v súčasnom výrobnom systéme nahrádza zásobníky pred strojmi CNC tvárnenia. To znamená, že pôvodné dve miesta zásob pre celú dávku sú nahradené jedným spoločným zásobníkom - *Buffer*. Z pôvodných piatich priestorov na dávkové zásoby ostanú použité len tri, za procesom prvého delenia a na konci tvárnenia koncoviek ako komponentu A, tak aj komponentu B. Jedná sa o podobný princíp ako u predošlého variantu A s tým, že tlačný systém je použitý ešte aj pre strojné zariadenia odmastenia.

Na ďalšej schéme (vid' Obrázok 19) je v pôvodnom návrhu výrobnjej linky zakreslený spôsob umiestnenia zásobníku - *Buffer* s pôvodnými zásobami. Zvýraznené dve zásoby dávky pre celú dávku pôvodného koncernu budú aplikovaním zásobníku odstránené.



Obrázok 19 Bloková schéma umiestnenia zásobníku vo výrobe

3.2.1 Analýza navrhovaného variantu B

Výsledky simulácie navrhnutého variantu B sú zapísane v Tabuľkách 16 a 17. Hodnoty sú opäť porovnané s hodnotami simulácií výrobných systémov *Pull* a *Push*.

Tabuľka 16 Štatistika strojných zariadení - Variant B

Strojne zariadenie	% Idle (Nečinné zariadenie)	% Busy (Zariadenie v činnosti)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	100,00	0,00	0,00
ÚpravaKonca1	98,20	1,80	0,00
Delenie2	97,96	2,04	0,00
Zmenšovanie Priemer	98,20	1,80	0,00
Valcovanie 1	98,20	1,80	0,00
Koncovky	98,20	1,80	0,00
ÚpravaKonca2	97,96	2,04	0,00
Priemer	97,96	2,04	0,00
Valcovanie 2	97,96	2,04	0,00
Koncovky2	97,96	2,04	0,00
Odmastenie	2,62	97,38	0,00
CNCTvárnienie	98,17	1,83	0,00
CNCTvárnienie2	98,17	1,83	0,00
Montáž1	94,51	4,08	1,41
Montáž2	97,19	2,04	0,77
Montáž3	97,19	1,97	0,84
Montáž4	97,19	2,04	0,77
Montáž5	97,19	1,83	0,98
Montáž6	97,19	2,04	0,77
Montáž7	98,13	1,87	0,00
Priemer (%)	93,01	6,72	0,28

Tabuľka 17 Štatistika pásových dopravníkov - Variant B

Pásový dopravník	% Empty (Prázdna dráha)	% Move (Dráha v pohybe)	% Blocked (Blokovaná dráha)
dopravník1	29,78	70,22	0,00
dopravník2	29,78	70,22	0,00
dopravník3	29,78	70,22	0,00
dopravník4	29,78	70,22	0,00
dopravník5	29,78	70,22	0,00
dopravník6	2,61	97,39	0,00
Priemer (%)	25,25	74,75	0,00

Týmto variantom kombinácie *Pull/Push* bol dosiahnutý **priemerný čas výroby 234,38 min.** Celková doba, ktorú výrobok strávi v systéme, je **311,50 min.** V porovnaní s *Push* princípom je **výrobný čas komponentu variantu B kratší o 100 min.** Čas, v ktorom komponent je prítomný vo výrobnnej hale, kým nie je uložený do konečného skladu, preukazuje zlepšenie o 26 min. Pri konfrontácii s *Pull* konceptom sú výrobné časy pri variante B takmer rovnaké. V aplikácii variantu B je zaznamenané mierne navýšenie týchto časov, priemerne o 6 min. (viď Tabuľka 18)

Tabuľka 18 Porovnanie výrobných časov - Variant B

VÝROBNÉ ČASY	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant B
Samotný čas výroby (min.)	335,35	227,93	234,38
Celkový čas výroby (min.)	338,05	305,08	311,50

Tabuľka 19 poukazuje, že strojné zariadenie na odmastenie komponentov, ktoré predstavuje rizikové miesto v procese, vykazuje stále vysokú, viac ako 90% pracovnú činnosť. Zmena, ako môžeme vidieť v Tabuľke 20, je v priemerných hodnotách nečinnosti všetkých strojných zariadení. Oproti *Pull* princípu kombinovaný systém preukazuje **49% nárast nečinnosti**. V prípade *Push* sú štatistické hodnoty dosť podobné.

Tabuľka 19 Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant B

ODMASTENIE	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant B
% Idle (Nečinné zariadenie)	6,10	0,57	2,62
%Busy (Zariadenie v činnosti)	93,90	99,43	97,38

Tabuľka 20 Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant B

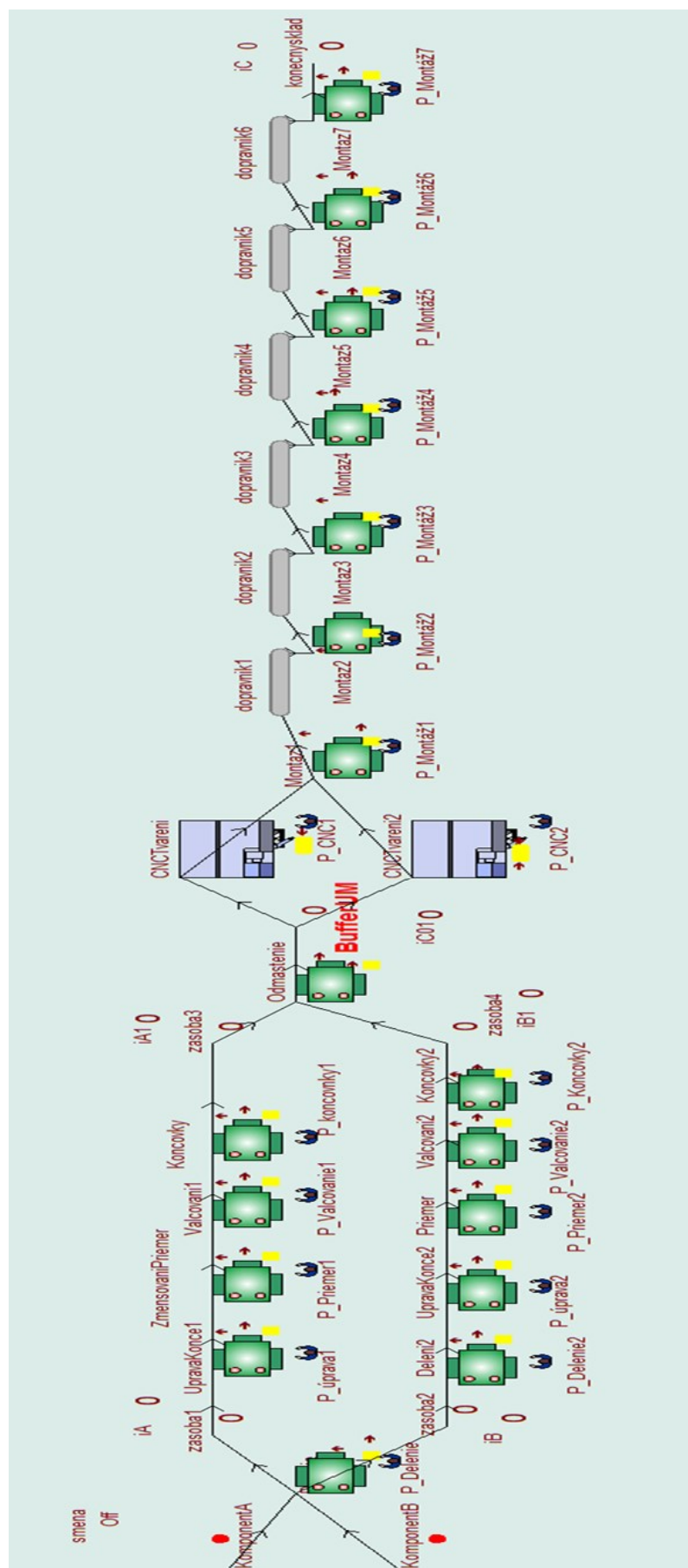
STROJNÉ ZARIADENIA	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant B
% Idle (Nečinné zariadenie)	93,62	44,04	93,01
%Busy (Zariadenie v činnosti)	6,29	6,75	6,72

Cieľom variantu bolo aj tentoraz zníženie blokovania materiálu spôsobeného úzkym miestom. Hodnoty blokovania strojných zariadení zo simulácie variantu B v Tabuľke 21 poukazujú na dosiahnutie skoro nulového zdržiavania materiálu. Výrazné blokovanie v *Pull* princípe je týmto spôsobom riešenia plánovania a riadenia výroby znížené z priemernej hodnoty 48,95% na 0,28%. Dosiahnutím zníženia sa spôsob výroby nenarúša.

Tabuľka 21 Porovnanie blokovania strojných zariadení - Variant B

Strojne zariadenie	Push princíp	Pull princíp	Push/Pull princíp - Variant B
	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	0,00	99,15	0,00
ÚpravaKonca1	0,00	97,35	0,00
Delenie2	0,00	97,13	0,00
ZmenšovaniePriemer	0,00	97,40	0,00
Valcovanie 1	0,00	97,46	0,00
Koncovky	0,00	97,51	0,00
ÚpravaKonca2	0,00	97,18	0,00
Priemer	0,00	97,24	0,00
Valcovanie 2	0,00	97,29	0,00
Koncovky2	0,00	97,32	0,00
Odmastenie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárnienie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárnienie 2	0,00	0,00	0,00
Montáž1	0,00	0,72	1,41
Montáž2	0,00	0,64	0,77
Montáž3	0,00	0,97	0,84
Montáž4	0,00	0,64	0,77
Montáž5	0,00	0,65	0,98
Montáž6	0,00	0,44	0,77
Montáž7	0,00	0,00	0,00
Priemer (%)	0,00	48,95	0,28

Výsledkom simulačnej analýzy variantu B kombinácie *Push/Pull* princípu riadenia je výrobný proces s výrazne kratším časom výroby komponentov ako v súčasnom systéme automobilky, a zároveň, na rozdiel od ťažného konceptu riadenia má nulové blokovanie systému. Simulačný model variantu B s použitím zásobníku (BufferUM) za strojom odmastenia je zobrazený na Obrázku 20.



Obrázok 20 Ukážka simulačného model Varianty B [17]

3.3 Výber optimálneho variantu

V predchádzajúcej kapitole boli navrhnuté dva varianty riešenia možnosti zmeny používaného výrobného systému pre výrobu časti okruhu chladiaceho systému automobilu. Varianty boli navrhnuté na základe analýzy a porovnania dvoch konceptov riadenia - tlačného a ťažného princípu riadenia. Touto analýzou bol ako vhodnejší koncept riadenia vyhodnotený ťažný princíp namiesto používaného tlačného systému. Nevýhodou zvoleného konceptu riadenia bol výskyt úzkeho miesta, ktoré blokovalo výrobu komponentu. Navrhované varianty majú tento problém eliminovať. Podstata riešenia spočíva v optimálnom umiestení zásobníku úzkeho miesta v systéme kombinujúceho tlačný a ťažný koncept.

Teraz budú tieto návrhy porovnané, ktorý variant je efektívnejší a flexibilnejší pre výrobu chladiaceho okruhu. Pre porovnanie budú použité štatistické hodnoty simulovaných modelov navrhnutých riešení a konfrontované s ťažným systémom.

Výrobné časy

Čas výroby dennej dávky 1750 kusov chladiaceho okruhu predstavuje celkovo 338,05 min. Nasledujúca Tabuľka 22 obsahuje pre porovnanie výrobné časy navrhovaných variantov. Pri použití navrhovaných variantov, ako aj Pull princípu, je **výroba skrátená v priemere o 30 minút.**

Tabuľka 22 Porovnanie výrobných časov návrhov riešení

VÝROBNÉ ČASY	Push/Pull princíp - Variant A	Push/Pull princíp - Variant B	Pull princíp
Samotný čas výroby (min.)	228,05	234,38	227,93
Celkový čas výroby (min.)	305,14	311,50	305,08
Úspora celkového času výroby (min.)	32,91	26,55	32,98

Pozn. Stanovená denná kapacita 1750 ks výrobkov ostáva rovnaká ako v pôvodnom systéme, tak aj v návrhoch riešení.

Blokovanie systému

V pôvodnom ťažnom princípe riadenia výroby nedochádzalo k blokovaniu systému. Zmenou metódy riadenia výroby sa vo výrobe objavuje úzke miesto, kde dochádza k hromadeniu súčiastok a spomaleniu výroby. Úzke miesto v našom prípade predstavuje **strojné zariadenie na odmastenie**. Strojné zariadenie pracuje bez operátora a musí **za čas 260 sekúnd spracovať dávku 50 ks**. To znamená, že spracovanie jedného kusu trvá 5,2 s.

Cieľom návrhov bolo eliminovať výskyt blokovania spôsobeného úzkym miestom. Pri porovnaní štatistík blokovania (viď Tabuľka 23) navrhovaných variantov a ťažného systému riadenia, práve ťažný princíp má najväčšiu hodnotu blokovania **48,95%**. **Prvý návrh riešenia**, ktorý počíta s umiestnením zásobníku pred úzkym miestom - pred odmastením, **znižuje blokovanie výroby na 21%**. Druhý variant sa najviac približuje k nulovej hodnote pôvodného systému. Zdržiavanie výroby je v tomto prípade 0,28%, čo predstavuje maximálne zníženie oproti ostatným návrhom.

Tabuľka 23 Porovnanie blokovania strojných zariadení

Strojné zariadenie	Push/Pull princíp - Variant A	Push/Pull princíp - Variant B	Pull princíp
	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)	% Blocked (Blokované zariadenie)
Delenie	0,00	0,00	99,15
ÚpravaKonca1	44,41	0,00	97,35
Delenie2	47,49	0,00	97,13
ZmenšovaniePriemer	44,46	0,00	97,40
Valcovanie1	44,52	0,00	97,46
Koncovky	44,58	0,00	97,51
ÚpravaKonca2	47,51	0,00	97,18
Priemer	47,54	0,00	97,24
Valcovanie2	47,57	0,00	97,29
Koncovky2	47,59	0,00	97,32
Odmastenie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárnienie	0,00	0,00	0,00
CNCTvárnienie2	0,00	0,00	0,00
Montáž1	1,44	1,41	0,72
Montáž2	0,79	0,77	0,64
Montáž3	0,86	0,84	0,97
Montáž4	0,00	0,77	0,64
Montáž5	0,35	0,98	0,65
Montáž6	0,79	0,77	0,44
Montáž7	0,00	0,00	0,00
Priemer (%)	21,00	0,28	48,95

Na základe teoretických znalostí a predošlých analýz systémov riadenia pomocou simulačných štúdií sa ako najvhodnejší systém, ktorý by nahradil pôvodný ťažný princíp, ukazuje návrh variantu B.

Variant B predstavuje kombináciu tlačného a ťažného systému riadenia. Zlomovým bodom týchto konceptov sa stáva umiestnenie zásobníku úzkeho miesta za strojom odmastenia, čím sa eliminuje blokovanie systému. Do bodu zlomu je použitý tlačný systém riadenia, od zásobníku sa javí ako vhodnejší ťažný systém pre materiálový tok. Použitím ťažného systému sa zníži počet medzioperačných zásob, ktoré sú viazané na kapitál.

3.4 Vyhodnotenie simulačných štúdií

Na začiatku projektu bola prevedená analýza riadenia a plánovania výrobného systému linky, ktorá bola následne porovnaná s analýzou možnosti použitia odlišného systému riadenia výroby pre tú istú výrobu. Tým bola získaná počiatočná pozícia pre optimalizáciu výroby a mohol byť definovaný problém princípov riadenia výroby v danom procese. V tejto fáze boli vytvorené tiež simulačné modely prostredníctvom softwaru Witness, ktorý najlepšie odrážal výrobný proces komponentu.

V druhej časti projektu boli navrhnuté riešenia experimentálnou metódou v prostredí simulačného programu. Cieľom experimentov bolo v prvom rade porovnanie ťažného a tlačného konceptu riadenia a následne nájdenie kompromisu medzi všetkými aspektmi, ďalej optimalizovanie riadenia výroby a vytvorenie systému bez plytvania a prestojov (JIT).

Záver

Plánovanie a riadenie výrobných procesov predstavuje pre podnik dôležitý prvok, ktorý pri správnom používaní vytvára konkurenčnú výhodu. Táto oblasť riadenia výroby sa neustále vyvíja a prináša stále nové možnosti výhod pre organizácie. Existuje kvantum metód a konceptov, ktoré sa zaoberajú problematikou danej oblasti. Úlohou manažérov plánovania a riadenia výroby je neustále sa vzdelávať a informovať o tomto vývoji.

Plánovanie a riadenie výroby je vo všetkých organizáciách a výrobných podnikoch kľúčovým elementom, a preto je potrebné venovať mu neustálu pozornosť. Cieľom diplomovej práce bolo zmapovať moderné koncepty riadenia výroby a následné porovnanie dvoch konceptov plánovania výroby. Konkrétne sa jednalo o porovnanie tlačného (*Push*) a ťažného (*Pull*) systému riadenia výroby a konfrontovanie na výrobnom procese časti chladiaceho okruhu pre automobil vyrábaného nemenovanou spoločnosťou. Z poskytnutých údajov bola prevedená analýza súčasného stavu vyrábaného komponentu a používaného konceptu riadenia výroby. Keďže sa jednalo o ťažný princíp plánovania a riadenia výroby, bol na ten istý proces pomocou dynamickej simulácie aplikovaný tlačný princíp. Na základe simulácií bola prevedená analýza a porovnanie vybraných konceptov.

Z teoretického hľadiska pre výrobu chladiaceho okruhu je vhodnejší tlačný systém. Prakticky je primeranejšie aplikovať do procesu ťažný systém, čím sa eliminuje počet medzioperačných zásob, a tým sa znížia náklady viažuce sa k zásobám. Tak ako tlačný systém má svoje nesporné výhody, tak aj ťažný princíp má svoje určité prednosti. Z optimálneho hľadiska bolo navrhnuté spojenie týchto konceptov, čím sa spojili výhody oboch systémov riadenia.

Navrhované varianty boli následne overené dynamickou simuláciou prostredníctvom softwaru Witness, kde bol vytvorený ich simulačný model. Vybraný optimálny a overený model sa vykazoval 30 minútovým skrátením doby výroby komponentu. Kombináciou *Push* a *Pull* konceptu sa redukoval aj pôvodný počet medzioperačných zásob, čím sa ušetril kapitál viazaný na zásoby a došlo k úspore výrobnnej plochy. Prínosom implementácie zmeny výrobného procesu je predovšetkým urýchlenie dodávky výrobku zákazníkovi prostredníctvom metódy JIT.

Zoznam použitej literatúry a zdrojov

- [1] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej, VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3.vyd. Praha: C.H. Beck, 2012. 154 s. C.H. Beck pre prax. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014, 366 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [3] MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [4] KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5.
- [5] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012, 328 s. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3.
- [6] GREGOR, Milan a Ján KOŠTURIÁK. *Just-in-Time: výrobná filozofia pre dobrý management*. 1. vyd. Bratislava: Elita, 1994, 299 s. ISBN 80-85323-64-8.
- [7] MAŠÍN, Ivan. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. Vyd. 1. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005. ISBN 80-903533-1-2.
- [8] SCHULTE, Christof. *Logistika*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2.
- [9] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Jak zvýšit konkurenční schopnost firmy*. Vyd. 1. Praha: C.H. Beck, 2009. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-098-0.
- [10] TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1
- [11] BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA. *Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. Management v informační společnosti, 213s. ISBN 80-247-0613-X.

Elektronické zdroje:

- [12] KRAUSZOVÁ, Andrea. Oblasti výrobného procesu a ich optimalizácia. *Prvý strojársky server - Strojárstvo / Strojírenství* [online]. 2012, 2012(09), 3 str. [vid' 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/443-oblasti-vyrobného-procesu-a-ich-optimalizácia>

- [13] KUČERÁK, Dušan. Kanban – ťahový systém riadenia výroby. *Ipaslovakia.sk* [online]. 2007, [vid' 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/kanban>
- [14] WITNESS: *Witness* [online]. © 2016. [vid' 2016-04-18]. Dostupné z: <http://witness.cz/cz/produkty-a-aplikace/witness/>
- [15] WITNESS 13: Jednoduché odpovedi na složité otázky. *SystemOnLine.cz - ekonomické a informační systémy v praxi* [online]. 2014 [vid' 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/řízení-vyroby/witness-13-jednoduche-odpovedi-na-složite-otázky-z.htm>
- [16] BURIETA, Ján. Simulácia. *Ipaslovakia.sk* [online]. 2007, [vid' 2016-04-12]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/simulacia>
- [17] Dynamic Future s.r.o. *Witness* [software] [prístup 7.decembra 2015] Dostupné z: <http://witness.cz/cz/produkty-a-aplikace/witness/>

Prehľad použitých obrázkov, tabuliek

Zoznam použitých obrázkov

Obrázok 1	Transformačný proces výroby
Obrázok 2	Základné typy procesov
Obrázok 3	Porovnanie Pull a Push systému plánovania a riadenia výroby
Obrázok 4	Základná štruktúra systému MRP
Obrázok 5	Štruktúra systému MRP II
Obrázok 6	Umiestnenie zásobníkov v rámci aplikácie DBR
Obrázok 7	Princíp počítačovej simulácie
Obrázok 8	Pracovné prostredie programu Witness
Obrázok 9	Výrobný proces časti chladiaceho okruhu automobilu
Obrázok 10	Stavba modelu programom Witness
Obrázok 11	Základne prvky modelu v knižnici prvkov Witness
Obrázok 12	Bloková schéma umiestnenia zásob v systéme
Obrázok 13	Model tlačného systému - súčasného stavu
Obrázok 14	Model ťažného systému
Obrázok 15	Grafické znázornenie aplikácie Pull a Push princípu variantu A
Obrázok 16	Bloková schéma umiestnenia zásobníku úzkeho miesta vo výrobe
Obrázok 17	Ukážka simulačného modelu Variantu A
Obrázok 18	Grafické znázornenie aplikácie Pull a Push princípu variantu B
Obrázok 19	Bloková schéma umiestnenia zásobníku vo výrobe
Obrázok 20	Ukážka simulačného modelu Variantu B

Zoznam použitých tabuliek

Tabuľka 1	Porovnanie základných metód riadenia
Tabuľka 2	Výhody a nevýhody princípu tlaku
Tabuľka 3	Výhody a nevýhody princípu ťahu
Tabuľka 4	Štatistika strojných zariadení - tlačný systém riadenia
Tabuľka 5	Štatistika strojných zariadení - ťažný systém riadenia
Tabuľka 6	Štatistika pásového dopravníka - tlačný systém riadenia
Tabuľka 7	Štatistika pásového dopravníka - ťažný systém riadenia
Tabuľka 8	Porovnanie tlačného a ťažný princípu riadenia - strojné zariadenia
Tabuľka 9	Porovnanie blokovania - strojné zariadenia

Tabuľka 10	Štatistika strojných zariadení - Variant A
Tabuľka 11	Štatistika pásových dopravníkov - Variant A
Tabuľka 12	Porovnanie výrobných časov - Variant A
Tabuľka 13	Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant A
Tabuľka 14	Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant A
Tabuľka 15	Porovnanie blokovania strojných zariadení - Variant A
Tabuľka 16	Štatistika strojných zariadení -Variant B
Tabuľka 17	Štatistika pásových dopravníkov - Variant B
Tabuľka 18	Porovnanie výrobných časov - Variant B
Tabuľka 19	Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant B
Tabuľka 20	Porovnanie činnosti stroja odmastenia - Variant B
Tabuľka 21	Porovnanie blokovania strojných zariadení - Variant B
Tabuľka 22	Porovnanie výrobných časov návrhov riešení
Tabuľka 23	Porovnanie blokovania strojných zariadení

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som rada pod'akovala vedúcej diplomovej práce Ing. Vladimíre Schinderovej, Ph.D. za cenné rady, pripomienky a zdroje týkajúce sa spracovania diplomovej práce. Ďalej ďakujem spoločnosti Dynamic Future v zastúpení Ing. Petra Jalůvku za možnosť spracovať u nich záverečnú prácu a za poskytnutie potrebných rád. Pod'akovanie patrí mojej rodine a priateľom za nekonečnú podporu a trpezlivosť.